DEUTSCHES MUSEUM

ABHANDLUNGEN UND BERICHTE

JAHRGANG 6 / 1934

GESCHENK DER
SIEMENS-RING-STIFTUNG

26. 4. 1935.

Zv 41

Stadt-
Bibliothek
Elbing

BIBLIOTEKA
UNIWERSYTECKA
TORUŃ

DEUTSCHES MUSEUM
ABHANDLUNGEN UND BERICHTE

6. JAHRGANG / 1934

MIT 48 ABBILDUNGEN
UND 11 BILDNISSEN

1 9 3 4

VDI-VERLAG GMBH / BERLIN NW 7

1935: 473

SCHRIFTLEITUNG:

Geh. Reg.-Rat Dr. rer. nat. Dr.-Ing. E. h. J. ZENNECK VDI o. Prof. der Technischen Hochschule, München

Prof. Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. C. MATSCHOSS VDI Direktor des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin

Zuschriften sind zu richten an die Abteilung für technisch-geschichtliche Arbeiten des VDI, Berlin NW 7, Ingenieurhaus

---

DEUTSCHES MUSEUM

Einteilung, Besuchszeiten und Eintrittspreise

BIBLIOTEKA ELBLĄSKA
2565

Erdgeschoß Ost (Montag geschlossen)	Geologie, Berg- und Hüttenwesen, Metallbearbeitung, Kraftmaschinen
Erdgeschoß West (Dienstag geschlossen)	Landverkehrsmittel, Straßen-, Eisenbahn-, Tunnel- und Brückenbau, Schiffbau, Flugtechnik, Meteorologie
1. Obergeschoß (Donnerstag geschl.)	Zeitmessung, Mathematik, Mechanik, Wärmelehre Elektrizität, Telegraphie, Telephonie, Optik, Fernsehen, Akustik, Musikinstrumente, Chemie, Nahrungsmittel und Pharmazie
2. Obergeschoß (Freitag geschlossen)	Bauwesen, Beleuchtung, Heizung, Wasserversorgung, Bäder, Gastechnik und Elektrotechnik
3. Obergeschoß (Samstag geschlossen)	Astronomie, Geodäsie, Textilindustrie, Papierherstellung, Reproduktionstechnik, Landwirtschaft, Brauerei, Brennerei
Bibliothek	Lesesäle, Bücherschau, Nachschlageabteilung, Urkundensammlung, Patentschriften

Besuchszeiten:

Sammlungen	Täglich 9 bis 6 Uhr
Bibliothek	Werktags 9 bis 9 Uhr, Sonntags 9 bis 6 Uhr

Eintrittspreise:

Sammlungen	Erwachsene RM 1,— Sonntags 50 Pf. Jugendliche 25 Pf.
Bibliothek	Erwachsene 30 Pf., Jugendliche 15 Pf.

Führungen werden jederzeit durch die Kasse vermittelt
Restauration und Buchhandlung im Hause
Straßenbahn: 1, 2, 9, 11, 19, 30 — Telephon: 22856

BIBLIOTEKA ELBLĄSKA

Stadt-Bibliothek Elbing

INHALTVERZEICHNIS

Heft 1

Seite

Matschoß, Conrad, Professor Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h., Berlin:

Gottlieb Daimler in der Geschichte des Kraftwagens. Zur 100. Wiederkehr seines Geburtstages am 17. März 1934 . . 1 bis 28

Dampfwagen als Vorläufer — Anfänge des Gasmotors — Daimlers erster schnellaufender Motor, sein erster Wagen und die weitere Entwicklung — Sein Mitarbeiter Maybach — Schrifttum.

Heft 2

Zenneck, J., Geh. Regierungsrat Professor Dr. rer. nat. Dr.-Ing. E. h., München:

Oskar von Miller . . . . . 29 bis 50

Pariser Ausstellung 1881 — Internationale Elektrizitäts-Ausstellung München 1882 — Berliner Tätigkeit bei der deutschen Edison-Gesellschaft — Elektrotechnische Ausstellung Frankfurt a. M. 1891 — Gründung und Aufbau des Deutschen Museums — Der Mensch O. v. Miller.

Heft 3

Lax, Ellen, Dr. phil. Physikerin, Berlin:

Neuzeitliche Lichterzeugung mittels Gasentladungslampen 51 bis 78

Allgemeines über das Licht — Theorie der Gasentladung — Typen der Entladungsröhren — Geschichtlicher Rückblick.

Aus dem Deutschen Museum . . . . . 79 bis 81

Neuzugänge 1933/34.

Heft 4

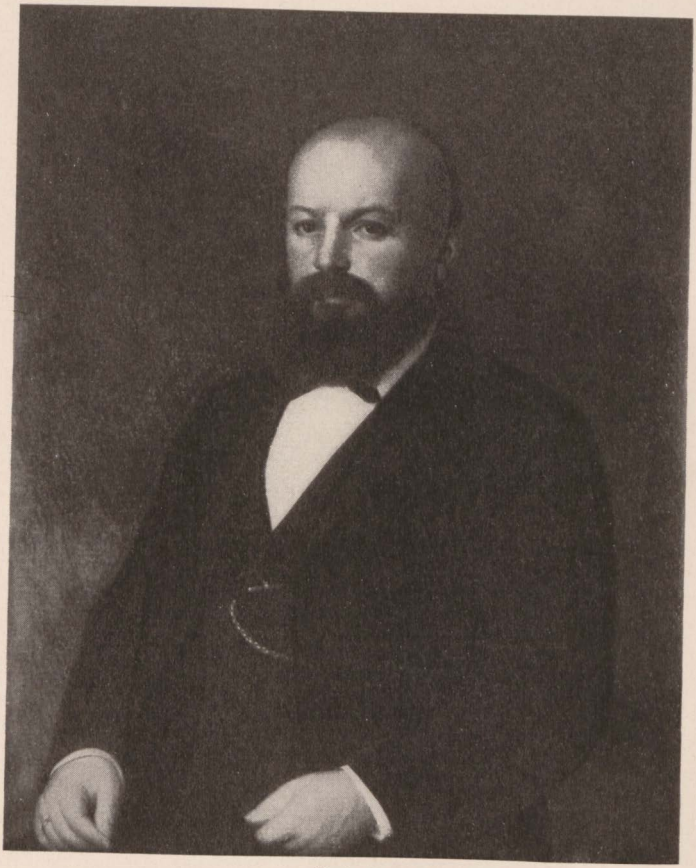
Debye, Peter, Professor der Physik, Leipzig:

Röntgen und seine Entdeckung . . . . . 83 bis 99

Studien- und Jugendjahre — Hochschullehrer und Forscher — Entdeckung der X-Strahlen.

Mitteilungen des Deutschen Museums an seine Mitglieder . . .100bis103

Walther von Dyck † — Carl von Linde †.



(Nach einem Ölgemälde aus dem Jahre 1881)

G. Daimler

Gottlieb Daimler

in der Geschichte des Kraftwagens

Zur 100. Wiederkehr seines Geburtstages am 17. März 1934

Von *Conrad Matschoß VDI,* Berlin

Fast 35 Millionen kraftgetriebener Fahrzeuge aller Art fahren auf den Straßen der Erde. In den Vereinigten Staaten von Amerika kommt schon auf 5 Einwohner, in Frankreich auf 26, in Großbritannien auf 30 und in Deutschland auf 96 Einwohner ein Kraftfahrzeug. Millionen von Menschen haben Arbeit und Verdienst aus der Herstellung der Kraftwagen, Millionen von Menschen aus dem Kraftwagenverkehr mit allem was dazu gehört, von der guten Straße bis zur Betriebsstoffverteilung in den neuzeitigen Tankstellen. Wir können uns den Kraftwagen nicht mehr aus der Geschichte unserer Zeit hinwegdenken.

Müßig ist es auch hier, bei einer Entwicklung von solch gewaltigem Ausmaß, nach dem „einzigen" Erfinder zu suchen. Ganzen Geschlechtern hervorragender Ingenieure und technisch besonders befähigter Männer haben wir das Automobil unserer Tage zu verdanken. Es gibt in der Technik keine Athene, die in jeder Hinsicht fertig dem Haupt eines Zeus entspringen kann.

Noch sind keine 50 Jahre verflossen, da lief in Deutschland kein einziges Kraftfahrzeug. Aber die wichtigste Voraussetzung für das heutige Automobil hatte gerade in Stuttgart der große schwäbische Ingenieur Gottlieb Daimler in seinem schnellaufenden Explosionsmotor geschaffen. Bald darauf knatterte das erste Kraftfahrzeug durch die stillen Straßen von Cannstatt. In der Südwestecke unseres Vaterlandes wurden von drei deutschen Ingenieuren die ersten ausschlaggebenden Versuche durchgeführt. In Cannstatt-Stuttgart arbeitete Gottlieb Daimler gemeinsam mit Wilhelm Maybach, in Mannheim-Ludwigshafen Carl Benz. Und von dieser Zeit der 80er Jahre des 19. Jahrhunderts beginnt die nicht wieder unterbrochene, die Phantasie aller Zeitgenossen weit übersteigende Entwicklungslinie des Kraftfahrzeugs.

Hierin liegt der Grund, die hundertste Wiederkehr des Geburtstages von Gottlieb Daimler am 17. März 1934 zu nutzen, um sich

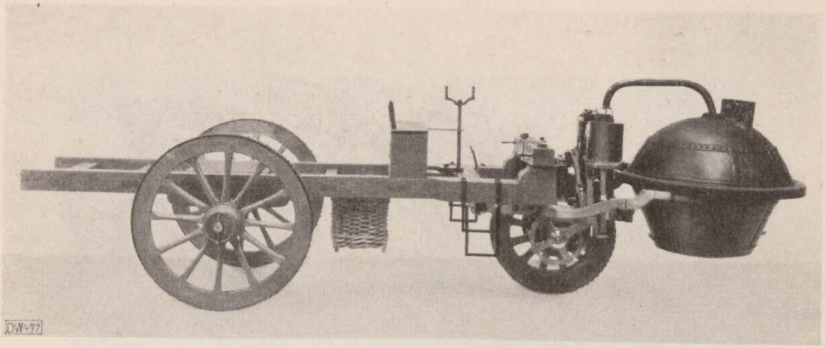


Abb. 1. Dampfwagen von Cugnot 1770
(Modell im Deutschen Museum, München)

rückblickend der großen Leistungen dankbar bewußt zu werden, die gerade in dieser Anfangszeit des heutigen Kraftwagens vollbracht wurden.

Lange bevor Daimler geboren wurde, haben Menschen daran gedacht, Wagen mit Motoren zu betreiben. Kaum hatte *Denis Papin* (1649 bis 1712) 1690 die erste atmosphärische Dampfmaschine im Entwurf fertig, da denkt er bereits an die vielseitigste Verwendung. Selbst Schiffe und Wagen soll diese erste Form der Dampfmaschine betreiben. Aber diese Träume lassen sich nicht erfüllen, es fehlen die Menschen, die diese an sich richtigen Gedanken in Eisen und Stahl verwirklichen könnten. Erst 1769 gelang es dem aus Lothringen stammenden Artillerieoffizier *Nikolas Joseph Cugnot* (1725 bis 1804), auf Kosten der französischen Regierung einen kleinen Dampfwagen zu bauen, der auch eine Viertelstunde lief. Dann brauchte man ebensoviel Zeit, den Kessel zu speisen. Aber man glaubte an die Zukunft des Kraftwagens und beauftragte Cugnot nunmehr, einen großen Lastkraftwagen zu bauen, mit dem man schwere Geschütze befördern wollte. Im Jahre 1770 war dieser Lastwagen fertig. Auf drei Rädern ruht der schwere eichene Holzrahmen. Vorn hängt in schmiedeeiserner Umfassung der große Kessel mit der kugelförmigen Haube. Hinter ihm stehen zwei bronzene nach unten offene Zylinder von 330 mm Durchmesser und 330 mm Hub. Die Kolbenstangen wirken mit einem Sperradgetriebe auf das vorn angeordnete Triebrad. Der Wagen sollte eine Last von etwa 4500 kg mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 4 km auf ebener Straße befördern. Seine erste Ausfahrt brachte den ersten Automobilunfall. Zu schwer lenkbar, rannte er gegen eine Mauer, deren Standfestigkeit er, ohne selbst viel Schaden zu leiden, siegreich überwand.

Aber weder die Regierung noch der Erfinder versprachen sich viel von der Fortsetzung der Versuche. Dank dem Umstand, daß dieses erste Automobil zu staatlichen kriegerischen Zwecken bestimmt war, ist es uns erhalten geblieben. Im Conservatoire National des Arts et Métiers in Paris, in der früheren Kirche der alten Benediktiner-Priorei St. Martin-des-Champs steht an der Stelle des Hochaltars, wo fromme Mönche vor Jahrhunderten ihre Andacht verrichteten, heute jener mächtige, unbeholfene Ahnherr des neuzeitigen Automobilgeschlechts, wohl wert, auch heute noch bei einem Besuch in Paris nicht vergessen zu werden.

Ungefähr um die gleiche Zeit arbeitete der berühmte amerikanische Ingenieur und Erfinder *Oliver Evans* (1755 bis 1819) daran, seine Hochdruckdampfmaschine im Landverkehr zu benutzen. Bis 1772 reichen seine Versuche zurück. 1786 will er sich seinen Dampfwagen patentieren lassen, aber das Patentamt will nichts davon wissen, die Vorschläge scheinen ihm zu unvernünftig. Elf Jahre später erhält er dann doch das Patent, aber auch jetzt spricht man wenigstens seinen Zweifel aus, daß ein solches Unternehmen je gelingen könnte. Im Winter 1803 bis 1804 hat Evans dann seine erste Straßenlokomotive, wie es in dem Bericht heißt, „angesichts von wenigstens 20 000 Zuschauern" durch die Straßen von Philadelphia gefahren. Ein weiterer Erfolg war ihm nicht beschieden.

Das alle Anwendungsmöglichkeiten der Dampfmaschine umfassende Patent von 1769 des großen schottischen Erfinders *James Watt* (1736 bis 1819), dem wir die Kolbendampfmaschine verdanken, enthält auch den Dampfwagen. Watt hat damals kaum daran gedacht, einen Dampfwagen zu bauen, aber er wollte sich den Weg dazu nicht durch andere verlegen lassen. Er war zu sehr beschäftigt mit seiner ortsfesten Dampfmaschine und wollte sich nicht zersplittern. Sein großer Mitarbeiter und Betriebsingenieur *William Murdock* (1754 bis 1839), der viele Jahre die Wattschen Dampfmaschinen im Süden Englands aufstellte und betrieb, hatte sich 1786 in seinen Feierstunden einen dreirädrigen kleinen Wagen gebaut, der ihn und viele seiner Besucher erfreute. Aber Watt sah es nicht gern, daß Murdock seine wertvolle Kraft außerhalb des eigenen Tätigkeitsgebiets verwendete, so wurde die Arbeit nicht fortgesetzt.

Dagegen war es dem berühmten englischen Ingenieur *Richard Trevithick* (1771 bis 1833), von dessen schöpferischem Können fast alle Gebiete der Ingenieurkunst bedeutsame Spuren aufweisen, gelungen, in den Grubenbezirken Cornwalls mit seiner Hochdruckdampfmaschine bereits 1797 einen kleinen Dampfwagen zu bauen, und am Weihnachtsabend 1801 konnte er zum erstenmal in Illogan (Cornwall) ein von ihm erbautes Dampfautomobil auf der recht schlechten Fahrstraße

Abb. 2. Dampfwagen von Gurney, 1828

den vielen herbeigeeilten Zuschauern im Betrieb vorführen. Auch hier waren ungeheure praktische Schwierigkeiten zu überwinden. Trevithick hatte aber bereits 1802 einen neuen Dampfwagen erbaut, mit dem er 1803 auch in London auftrat, wo diese neueste Anwendung der Dampfkraft das denkbar größte Aufsehen erregte. Auch ihm waren große praktische Erfolge nicht vergönnt. Die Straßen waren zu schlecht, und Trevithick begann nun, der Eisenbahnlokomotive seine großen technischen Fähigkeiten zuzuwenden. Aber damit hörte die Entwicklungsarbeit am Dampfkraftwagen in England, das damals neuen technischen Ideen aufgeschlossener gegenüberstand als andere Länder der Welt, nicht auf. Man beschäftigte sich dort weiter mit dem Dampfautomobil. Mit Recht wurde besonders dem Kessel größte Aufmerksamkeit zugewendet. Man kam zu sehr leichten, praktisch brauchbaren Wasserrohrkesseln. Ingenieure wie *Gurney, Hancock* und andere bauten schon sehr ansehnliche große Dampfwagen. Es bildeten sich bereits Automobil-Verkehrsgesellschaften. 1830 liefen 26 dieser großen Dampfwagen in der unmittelbaren Umgebung Londons, und in ganz England sollen damals hundert Automobile gefahren sein. Im Straßenbild Londons waren die Dampfwagen schon eine gewohnte Erscheinung. Die Öffentlichkeit beschäftigte sich äußerst lebhaft mit dem neuen Verkehrsmittel, die Zeitungen brachten ausführliche Berichte, die Gegner zählten mit besonders boshafter Ausführlichkeit alle Mißerfolge und Unglücksfälle der Automobile auf und riefen nach der Polizei zum Schutz des friedlichen Staatsbürgers. Witzblätter

Abb. 3. Spottbild zur Einführung des Dampfwagens aus dem Jahre 1828

zeigten drastisch die ungeheuren Gefahren, die dem armen Fußgänger durch das neue Verkehrsmittel drohten. Die Freunde des Automobils wiesen auf die volkswirtschaftliche Bedeutung des Automobils hin. Durch Ersatz der Pferde wollte man die Daseinsbedingungen für 16 Millionen Menschen schaffen. Die Gegner wieder fragten entrüstet, was aus den Fuhrleuten und Eilwagenbesitzern werden sollte. Aber es blieb nicht bei den Erörterungen, auf den Straßen wurden die ersten Automobile verschiedentlich von leidenschaftlich erregten Volksmengen umringt, die Fahrer wurden johlend verhöhnt, und auch den langsam fahrenden Wagen ließ man kaum den Weg frei. Bei irgendwelchen Zusammenstößen nahm das Volk stets gegen das Automobil Partei. Auch die Gesetzgebung griff ein und verlangte von den Automobilen so hohe Straßenabgaben, daß ihre weitere Benutzung nicht mehr möglich war. Die Freunde des Kraftwagens wendeten sich dagegen und erhielten 1831 von einer Prüfungskommission des englischen Parlaments ein glänzendes Zeugnis. Inzwischen aber war die Eisenbahn entstanden, und sie mit ihren weitgespannten Beziehungen und dank auch ihren alle Erwartungen weit übersteigenden Leistungen im Verkehr war gefährlicher als das Volk auf der Straße. Der Kampf zwischen der Eisenbahn und dem Automobil wurde damals in England durch rücksichtslose Unterdrückung des Kraftwagens entschieden. Ein Gesetz vom Jahre 1836 verlangte, daß vor jedem „pferdelosen" Wagen ein Mann mit einer roten Fahne hergehen mußte, um vor dem Nahen des gefährlichen Fahrzeugs zu warnen. Die Höchst-

geschwindigkeit wurde auf 4 km in der Stunde festgesetzt. Wer es eilig hatte, konnte von da an kein Automobil mehr benutzen. Aber die Welt dreht sich, gegenwärtig erleben wir, daß der Kraftwagen der Eisenbahn wieder einmal manche unruhige Stunde bereitet. Man ist jedoch heute glücklich so weit — vor allem in Deutschland —, daß man nicht mehr, wie vor hundert Jahren in England, davon spricht, Eisenbahn o d e r Automobil, sondern daß man sich zusammenschließen will unter der Parole: Eisenbahn u n d Kraftwagen.

So war zur Zeit als Daimler geboren wurde, der erste Abschnitt in der Entwicklungsgeschichte des Kraftwagens bereits abgeschlossen. Erst die Verbrennungskraftmaschine ließ wieder den Gedanken des Kraftwagenverkehrs neu entstehen.

Die Anfänge der Verbrennungskraftmaschine reichen bis vor die Erfindung der Dampfmaschine zurück. Aber zunächst siegte die Feuermaschine, die Dampfmaschine. Erst 1801 erbaute der Franzose *Philippe Lebon* (1769 bis 1804) eine doppelt wirkende Gasmaschine. Von nun an beschäftigten sich immer neue Erfinder mit dem Problem, die Dampfmaschine durch den Explosionsmotor zu ersetzen. Außerordentliche Schwierigkeiten waren zu überwinden, und erst ein halbes Jahrhundert nachdem die ersten Gasanstalten im Betrieb waren, baute der französische Mechaniker *Jean Joseph Etienne Lenoir* (1822 bis 1900) 1860 einen mit Steinkohlengas betriebenen praktisch brauchbaren Gasmotor. Der Pariser Maschinenfabrikant *Marinoni* hat das Verdienst, diese Gasmaschine konstruktiv gut durchgebildet zu haben. Er hat deshalb sehr viel zum wirtschaftlichen Erfolg der Lenoirschen Maschine beigetragen.

In Deutschland hat *Gotthilf Kuhn* (1819 bis 1890) in Stuttgart-Berg einen solchen Gasmotor ausgeführt und betrieben, und *Max Eyth* (1836 bis 1906) hat damit Versuche angestellt. Wieder einmal glaubte man jetzt, die Zeit sei gekommen, die Dampfmaschine ins alte Eisen zu werfen. Man sprach von der plumpen Dampfkraft mittelalterlichen Stils und hoffte, daß der neue Motor der Industrie neues Leben geben werde. Der Lenoirsche Motor war bis 12 PS ausgeführt worden, aber die mit französischer Begeisterungsfähigkeit geschriebene Ankündigung sprach bereits von hundertpferdigen Maschinen, von Gaslokomotiven und Gasfeuerspritzen, alles das blieb jedoch nur auf dem Papier. Man versprach einen so geringen Gasverbrauch, daß man daraus leicht eine Wettbewerbsfähigkeit mit den damaligen Dampfmaschinen ausrechnen konnte. Aber es zeigte sich bald, als man vom Schätzen zum Messen überging, daß gerade diese Maschine sehr viel Gas verbrauchte. Die Rechnungen, die man den Gasanstalten tatsächlich für den Betriebsstoff zu zahlen hatte, verwandelten die erste Begeisterung in das Gegenteil, und man hat wohl später mit Recht gesagt, die

Lenoirsche Maschine sei weder so gut gewesen, wie man sie zuerst gemacht habe, noch so schlecht, wie sie später hingestellt wurde. 1863 hatte Lenoir seinen Gasmotor auch bereits in einen Wagen eingebaut und ist damit von Paris bis Joinville-le-Pont gefahren. Diese Tatsache hat dann 1900 den Automobilklub von Frankreich veranlaßt, ihn als Erfinder des Automobils zu bezeichnen.

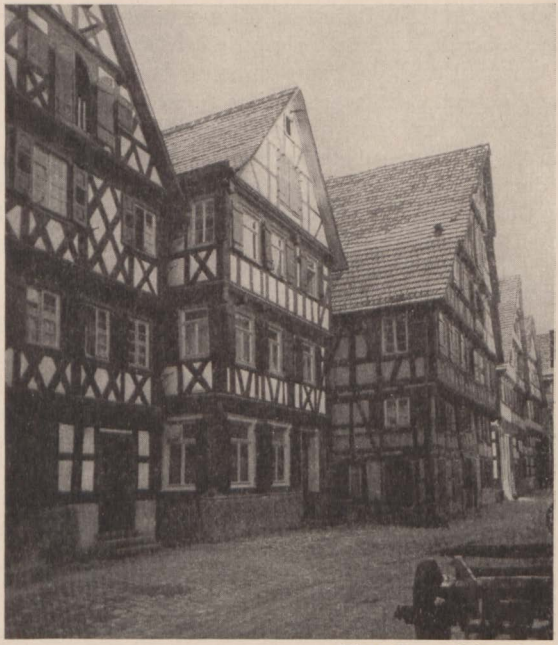
Um die gleiche Zeit arbeitete in Wien der in Malchin in Mecklenburg geborene Mechaniker *Siegfried Marcus* (1831 bis 1898) an einem mit Benzin betriebenen Automobil. Marcus hatte sich 1848 bei Siemens & Halske mit der Telegraphie beschäftigt, war vier Jahre später nach Wien übergesiedelt, um hier 1860 eine eigene Werkstatt zu errichten. Er baute elektrische Klingelanlagen, Telegraphen, er kümmerte sich um elektrische Beleuchtung, um galvanische Elemente, um Thermoelemente. Allein in Österreich hat er nicht weniger als 38 Patente genommen. Uns interessiert hier, daß auch zwei Benzinautomobile mit magnet-elektrischer Zündung in seiner Werkstatt entstanden sind. Der erste Wagen vom Jahr 1864 wurde bereits mit einem Benzinluftgemisch betrieben, der Erfinder sprach von „carbourierter Luft". Benzin war damals noch schwer zu bekommen, es wurde in den Laboratorien der Apotheken erzeugt, und man zahlte etwa drei Mark je Liter. Zuerst versuchte Marcus dieses Benzinluftgemisch als Lichtquelle, zum Heizen und Kochen zu verwenden. Dann stellte er eine mit Benzin arbeitende atmosphärische Maschine auf einen einfachen Handwagen. Wollte man den Motor in Bewegung bringen, so hob man die Hinterräder vom Boden ab. Nächtlicherweile, auf einem einsamen Exerzierplatz, ist dieser Wagen auch etwa 200 m gelaufen. Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete der zweite Wagen aus dem Jahr 1875, der heute im schönen Technischen Museum für Industrie und Gewerbe in Wien zu sehen ist. Ein liegender Motor übertrug mit einem Balanzier die Kraft auf die tiefer liegende Kurbelwelle. Die hier von Marcus benutzte magnet-elektrische Zündung wurde als besonders wesentliche Neuerung angesehen. Das Benzin wurde vergast mit Hilfe umlaufender Spritzbürsten, die in den Benzinbehälter tauchten. Nach wenigen Probefahrten, die Marcus mit seinem zweiten Wagen bei Nacht in Wien und seiner Umgebung veranstaltete, wurde ihm das Fahren von der Polizei „des großen Geräusches wegen" verboten. Der Erfinder verlor die Lust, für sein Automobil zu kämpfen. Er war bereits mit anderen Erfindungen beschäftigt, und so begnügte er sich, seinen Motor als ortsfeste Kraftmaschine weiter auszubauen. Seine Erfahrungen, die wohl auch nur wenigen bekannt wurden, blieben ungenutzt.

Dem Bäckermeister *Johannes Daimler* in Schorndorf in Württemberg, dessen Familienname im Kirchenbuch noch „Däumler" geschrieben wird, wurde am 17. März 1834 sein zweiter Sohn *Gottlieb*

geboren. Der Vater ließ ihn die Volksschule und dann noch zwei Jahre die Lateinschule in Schorndorf besuchen, denn dieser Sohn sollte einmal Beamter der Stadt werden. Aber der junge Daimler wollte hiervon nichts wissen. Sein Freund war der Sohn des Büchsenmachermeisters *Raithel* in Schorndorf, und es erschien ihm viel verlockender, ein Büchsenmacher zu werden als ein Schreiber in der Amtsstube. Sein Vater gab nach, und Gottlieb Daimler lernte drei Jahre bei Raithel das Büchsenmacherhandwerk. Sein Gesellenstück waren zwei doppelläufige Pistolen mit wunderbar ziselierten Stahlbeschlägen. Eine von ihnen ist noch heute im Besitz seines Sohnes. Die feine Metallarbeit, wie sie vor allen Dingen beim Ziselieren zum Ausdruck kam, hat Gottlieb Daimler viel Freude gemacht. Er übte sich ständig im Zeichnen, und abgesehen von all den Maschinen, mit denen er im Leben zu tun hatte, zeichnete er besonders gern auch Pflanzen und Tiere. Als Geselle kam er zunächst zum Büchsenmacher Wilke in Schorndorf und folgte ihm später nach Stuttgart. Von hier aus ging er 1853 nach Grafenstaden i. Els., wo er in der Werkzeugmaschinenfabrik arbeitete. Das dort ersparte Geld ermöglichte ihm nach seiner Rückkehr das Studium an der Polytechnischen Schule in Stuttgart, der späteren Technischen Hochschule, die er von 1857 an besuchte, und am 22. September 1859 mit einem Abgangszeugnis verließ. Hier in Stuttgart lernte er *Friedrich Voith* (1840 bis 1913) aus Heidenheim kennen, *Max Eyth, Adolf Groß* und manch anderen, der in der Geschichte der Technik bekannt ist. Auch mit Herren der Württembergischen Zentralstelle für Gewerbe und Handel, des späteren Landesgewerbeamtes, wurde er bekannt. *Ferdinand v. Steinbeis* (1807 bis 1893), der Leiter des Amtes, der sich um die Förderung der Industrie in Württemberg große Verdienste erworben hat, half ihm, seinen Wunsch, sich technisch weiter zu vervollkommnen, zu erfüllen, ein Stipendium erleichterte es ihm, jahrelang im Ausland, besonders in England als Facharbeiter, Vorarbeiter und Meister tätig zu sein. Nach seiner Rückkehr arbeitete er 1864 bis 1867 in Geißlingen, um dann als Werkstättenvorstand in die Maschinenbauanstalt des Bruderhauses in Reutlingen einzutreten. Hier lernte er seinen späteren hervorragenden Mitarbeiter *Wilhelm Maybach* kennen, der am 9. Februar 1846 als Sohn eines Tischlermeisters in Heilbronn geboren war und, im Alter von zehn Jahren verwaist, in das Bruderhaus zur weiteren Erziehung aufgenommen wurde. Der junge Maybach wünschte, Maschinenbauer zu werden, das Bruderhaus ermöglichte es ihm, und mit dem vom Vater ererbten guten handwerklichen Können, verbunden mit großem Fleiß und sehr großer Begabung für Zeichnen und Mathematik wurde er hier der jugendliche Mitarbeiter des zwölf Jahre älteren Gottlieb Daimler. Als Daimler dann die Leitung der Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe übernahm,

übertrug er ein Jahr später 1869 dem jungen Maybach eine Stelle im technischen Büro in Karlsruhe.

Inzwischen war der Kaufmannsgehilfe *Nikolaus August Otto* (1832 bis 1891) zum weitbekannten Schöpfer der atmosphärischen Gasmaschine geworden. Gemeinsam mit dem hervorragenden Ingenieur *Eugen Langen* (1833 bis 1895) hatte er in Köln die erste Gasmotorenfabrik gegründet. Auf der Weltausstellung in Paris 1867 erhielt ihre atmo-



(Photo Hütter, Schorndorf)

Abb. 4. Daimlers Geburtshaus in Schorndorf (mittleres Gebäude)

sphärische Gasmaschine die goldene Medaille dank ihrem im Vergleich zur Lenoirschen Maschine so sehr geringen Gasverbrauch. 1877 schuf Otto seinen weltberühmten Viertaktmotor. Auf diesen stützte sich das umfassende Gasmotorenpatent seiner Firma, das durch die scharfen Angriffe aller derer, die ungehindert von diesem gesetzlichen Schutz nun selbst auf diesem Gebiet arbeiten wollten, am 6. Januar 1886 gestürzt wurde, wodurch in Deutschland der Weg für alle Erfinder frei wurde. Als Otto und Langen 1872 ihr Unternehmen in eine Aktien-

gesellschaft umwandelten und in Köln-Deutz eine Fabrik erbauten, da wußte vor allem Langen, daß es mit dem Erfinden allein nicht getan sei. Der Weg von einer patentfähigen bis zu einer marktfähigen Maschine ist weit. Die Geschichte der Technik zeigt, wie viele gute Ideen an der einfachen Tatsache zugrunde gehen, daß man sie mit den vorhandenen Mitteln und Arbeitskräften nicht in betriebssicherer Weise auszuführen vermag. Langen wußte, daß der Erfolg des Unternehmens davon abhing, ob man einen geeigneten Ingenieur für die praktische Durchbildung der Maschine fand. Diesen Mann entdeckte Eugen Langen in Gottlieb Daimler. Er wurde der technische Direktor der Gasmotorenfabrik, und in zehnjähriger Arbeit von 1872 bis 1882 hat er die konstruktive werkstattgerechte Ausführung der Motoren in Deutz durchgesetzt. Es war damals nicht leicht gewesen, Daimler zu gewinnen. Man bot ihm die Stellung als leitender Direktor an, sicherte ihm hohe Gewinnbeteiligung zu, und Langen schrieb ihm, daß er aus der Tatsache, daß der Aufsichtsrat der am 5. Januar 1872 gegründeten Gasmotorenfabrik Deutz A.G. ohne Zögern alle Wünsche Daimlers bewilligt habe, sehen möge, daß man seine Kraft wirklich in vollem Umfang hoffe verwerten zu können. Langen sicherte ihm sein vollstes Vertrauen zu. Er hoffte, ihn nicht durch die Unterschrift, sondern durch den Gedanken, daß in Deutz das richtige Feld für Daimlers Zukunft sei, halten zu können. Daimler rief bald auch Maybach nach Deutz als verantwortlichen Leiter des Konstruktionsbüros. Er war sich damals bewußt, daß der Gasmotor nur dann auf einen Erfolg rechnen könne, wenn er mit einer in jener Zeit im allgemeinen im Maschinenbau noch unbekannten Genauigkeit hergestellt werden konnte. Aber Köln hatte noch keinen Arbeiterstamm, der dieser Anforderung gerecht werden konnte, und so holte sich Daimler seine Facharbeiter aus Württemberg und aus dem Elsaß und ließ auch noch Teile, auf deren genaue Bearbeitung es vor allem ankam, in Lüttich, von dessen Gewehrfabrikation er wußte, was sie an genauer Arbeit zu leisten vermochte, herstellen. In Köln gelang es erst nach und nach, die einheimischen Arbeiter zu der Genauigkeit in ihrer Arbeit zu erziehen, die der Gasmotor verlangte. Hier in Deutz haben Daimler und Maybach die Grundlage gelegt zu der genauen Kenntnis des Verbrennungsmotors, die sie befähigten, später in eigener Arbeit auf neuen Wegen zu großen Erfolgen zu gelangen.

In Deutz empfand man auch die Abhängigkeit von der Gasanstalt bald so lästig, daß man nach anderen Betriebsstoffen suchte. Professor *Franz Reuleaux* (1829 bis 1905) machte seinen Freund Langen auf Marcus in Wien aufmerksam, der mit Hilfe von Petroleumdestillaten in einfacher Weise billiges Gas herstellte. Der ganze Gaserzeuger sollte nur etwa 30 Taler kosten. Es handelte sich hier um sogenanntes Aerogengas, das im Betrieb sehr gefährlich war. 1875 versuchte man in Deutz

Ölgas, Gasolingas sowie auch Benzin. Maybach, der diese Entwicklungsmöglichkeiten mit Daimler besonders eifrig verfolgte, erzählte, wie man mit Benzin getränkte Putzwolle vor die Öffnung hielt, durch die man die Luft ansaugte, wobei der Gashahn geschlossen wurde. So lief der erste Benzinmotor in Deutz. Man begann darauf, „besondere Verdunstungsapparate" zu bauen, mit denen man viele Versuche anstellte, die nicht ungefährlich waren. Sehr ungewollte Explosionen mit in der Luft herumsausenden schweren Eisenteilen brachten mehr als einmal auch Otto, Daimler und Maybach in Gefahr. Aber gerade die Möglichkeit, von der Gasanstalt unabhängig mit flüssigem Brennstoff Motoren zu betreiben, öffneten, wie Otto und Langen das deutlich erkannten, nunmehr dem Verbrennungsmotor den Weg in den Verkehr.

Daimler lernte in seiner Stellung in Deutz auch die auswärtigen Beziehungen — vor allem zu Frankreich — kennen, was ihm später von großem Vorteil war. Nachdem er die atmosphärische Maschine zu großem Erfolg geführt hatte, erlebte er die Entstehung des neuen liegenden Viertaktmotors, der als Stammvater aller heutigen Verbrennungskraftmaschinen anzusehen ist. Auch hier förderte die ausgezeichnete Werkstattarbeit, für die Daimler verantwortlich war, maßgebend den Erfolg dieses neuen Motors.

Anfangs der 80er Jahre aber war nun für Daimler doch die Entscheidung nahegerückt, ob er mit seinen 47 Jahren nun dauernd — wenn auch in noch so maßgebender Stellung — für ein fremdes Unternehmen arbeiten sollte, oder ob nicht die Zeit gekommen wäre, sich selbständig zu machen. Er hatte sich in seiner Stellung bei den bescheidenen Lebensansprüchen, die ihm eigen waren, ein ansehnliches Vermögen erworben, das es ihm ermöglichte, seine Zukunftspläne zu verwirklichen. So schied er 1882 aus dem Dienst der Gasmotorenfabrik Deutz aus, und es gelang ihm auch hier wieder, Wilhelm Maybach mit sich zu nehmen. In Cannstatt bei Stuttgart, auf eigenem Grund und Boden neben seinem Wohnhaus, Taubenheimstr. 13, errichtete sich Daimler nunmehr eine kleine recht bescheidene Werkstatt, und hier fing er an, gemeinsam mit Maybach, den er auch als seinen Teilhaber aufnahm, seine Pläne zu verwirklichen. Zunächst waren in der Werkstatt nur einige kleine Fußdrehbänke, ein paar Schraubstöcke und Handbohrmaschinen vorhanden. Mit dieser denkbar bescheidenen Ausrüstung, mit der seine drei Schlosser zu arbeiten hatten, ging Daimler daran, den von ihm ersehnten schnellaufenden Verbrennungsmotor zu schaffen.

Der Glockengießer und Feuerspritzenfabrikant *Heinrich Kurtz* in Stuttgart hatte nach Daimlers Plänen den ersten schnellaufenden Versuchsmotor hergestellt. Der liegende Zylinder war aus Bronze, das Schwungrad wegen der hohen Umlaufzahl aus

Schmiedeeisen. Der Motor arbeitete mit Luftkühlung. Am 16. August 1883 war dieser erste Daimlermotor auf einem hölzernen Sockel betriebsfertig, und die Versuche mit ihm begannen. Im November des gleichen Jahres folgte bereits ein etwas größerer Motor mit stehendem Zylinder, und ab 16. Dezember 1883 wurde Gottlieb Daimler dieser neue Motor durch das deutsche Reichspatent Nr. 28022 geschützt. Geheimnisvoll arbeitete man bei verhängten Fenstern bis tief in die Nacht hinein in der kleinen bescheidenen Werkstatt in Cannstatt. Daimler und Maybach konnten schweigen und wollten erst den Erfolg abwarten. Aber die Neugier und der Argwohn der Nachbarn ob dieses fleißigen Hämmerns wuchs, und schließlich griff die Polizei ein. Sie wollte sicher wissen, ob hier nicht etwa Falschmünzerei betrieben würde. Sie war aber schnell davon zu überzeugen, daß es sich hier

Abb. 5. Daimlers erste Werkstatt im Garten seines Canstatter Grundstücks (Phot. E. Müller, Stuttgart)

um eine technische Leistung handelte, die mit dem Strafgesetz nichts zu tun hatte.

Der Schnelläufer verzichtete auf die durch einen Schieber gesteuerte Flammenzündung. Auch der elektrischen Zündung traute Daimler damals noch mit Recht nicht die verlangte Zuverlässigkeit zu. Ausschlaggebend war deshalb die von ihm im Patent beschriebene Glührohrzündung mit der sehr einfachen Steuerung. Im Patent war von der Zündung als von einer Art Glühkopf die Rede. Die heißen Zylinderwandungen sollten bei entsprechender Kompression die Zündung des Gasluftgemisches ermöglichen. Das Glührohr sollte nur zum Anlaufen dienen. In Wirklichkeit kam man aber ohne das Glührohr auch während des Betriebes, besonders im Freien, nicht aus. — Mit dieser Zündung ließen sich nun die Umdrehungszahlen bis auf 900 in der Minute steigern und damit das Gewicht im Verhältnis zur

Leistung außerordentlich verringern. Was diese Steigerung der Umdrehungszahl bedeutete, kann man nur an dem bis dahin Erreichten ermessen. Otto war stolz, bei seinen atmosphärischen Maschinen die Umdrehungszahl von 30 bis 40 auf 80 bis 90 in der Minute steigern zu können. Die Viertaktmaschinen liefen anfangs der achtziger Jahre mit 150 bis 180 Umläufen in der Minute. Kam man in Deutz einmal bis auf 250 Umdrehungen, dann fing die Flammzündung an, nicht mehr sicher zu wirken. „Die Zündungen purzelten durcheinander", wie man damals in Deutz sagte. *Benz* meint in seinen Erinnerungen, er habe bei seinen ersten Wagen, bei denen er elektrische Zündung verwandte, es auf 250 bis 300 Umläufe in der Minute gebracht. Daimler

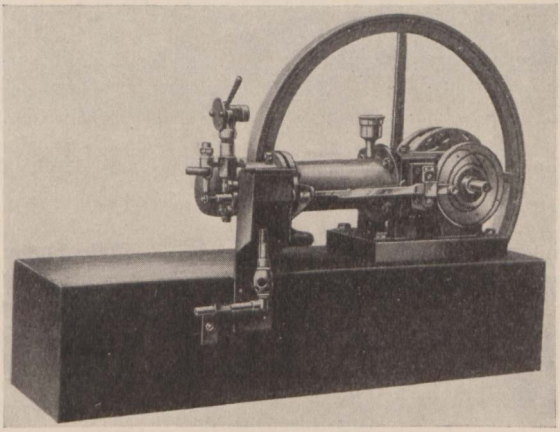


Abb. 6. Daimlers erster schnellaufender Motor, 1883

hatte somit den Schnelläufer als einen leistungsfähigen, auf kleinstem Raum zusammengedrängten leichten Verbrennungsmotor geschaffen, der die Voraussetzung war für die Entstehung des Kraftfahrwesens, und von dem schnellaufenden Verbrennungsmotor war auch die Entwicklung der Luftfahrt in hohem Maße abhängig. Bald folgten weitere Konstruktionen, der dritte Motor mit rundem Gehäuse, vollständig abgekapselt, kam 1884 in Betrieb. Dieser Motor wurde später in das Zweirad eingebaut.

Nun sollte der Schnelläufer seine erste Probe als Verkehrsmaschine ablegen. Daimler hoffte, mit seinem Motor es einmal jedem zu ermöglichen, sich mechanisch fortbewegen zu können, sich unabhängig von der Eisenbahn zu machen und sein eigenes Pferd — wenn auch nur ein Motorpferd — zu besitzen. Daimler baute sich also ein hölzernes Fahrrad, das zwei gleich große Räder mit eisernen Reifen und in der

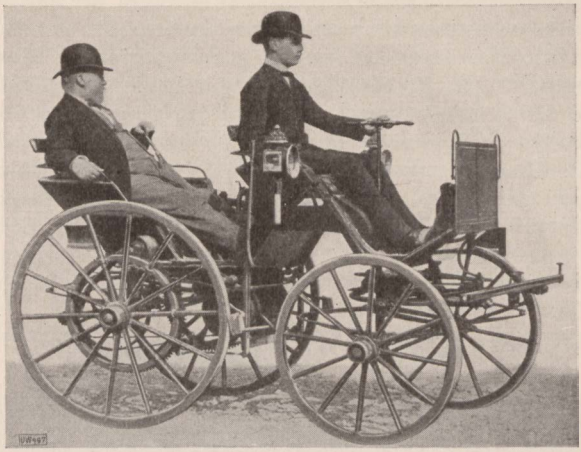


Abb. 7. Gottlieb Daimler in seinem Wagen vom Jahre 1886. Am Steuer sein Sohn Adolf

ersten Form zwei federnd angebrachte Stützrollen hatte. Damit ist man in Cannstatt im Garten seines Hauses zum erstenmal „Auto" gefahren. Zur Erinnerung an dies technisch-geschichtlich wichtige Ereignis hat der Württembergische Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure am 1. Juni 1902 vor Daimlers Wohnhaus ein Denkmal errichtet mit Daimlers Bild und der Inschrift:

Gottlieb Daimler
1834—1900
Dem Schöpfer des Daimler-Motors,
der im November 1885 in diesem Garten
sein erstes Automobil gefahren hat.
Württembergischer Ingenieurverein
1902

Im nächsten Jahre konnte man schon mit einem vierrädrigen Daimler-Wagen in Cannstatt und Stuttgart fahren. Der Einzylindermotor von etwa 1½ PS war mitten im Wagen zwischen den beiden Sitzbänken angeordnet. Reibungskupplungen vermittelten die Kraftübertragung auf das Zahnradgetriebe, das für zwei Geschwindigkeiten eingerichtet war. Man konnte damit bis zu 18 km in der Stunde zurücklegen. Der Motor war zunächst noch luftgekühlt, später wurde auch hier die Wasserkühlung eingeführt.

Etwa um die gleiche Zeit hat Carl Benz in Mannheim, der Zweitaktgasmaschinen baute, auch Benzinmotoren hergestellt und sie in

ein Dreirad eingebaut, mit dem seine große für die Entwicklung des Kraftwagens so wichtige Lebensarbeit begann.

Daimler dachte an die denkbar verschiedensten Anwendungen seines Schnelläufers. Im selben Jahr, als das erste vierrädrige Daimler-Automobil fuhr, setzte auch ein schnellaufender Motor das erste Boot in Bewegung. Es war 6 m lang und faßte elf Personen. Der Motor leistete 1 bis 2 PS. Man erreichte eine Stundengeschwindigkeit von 10 km. Als Daimler es in Frankfurt am Main 1886 vorführte, erregte es große Begeisterung. 1889 hat auch Fürst Bismarck sich ein solches Motorboot für Friedrichsruh angeschafft. Besondere Bedeutung erlangte das Motorboot für den Frachtverkehr in den großen Häfen. In Hamburg brauchte man nun bei der Fahrt von den großen Frachtschiffen bis zu den Speichern nicht auf Ebbe und Flut zu warten, man war beim Ent- und Beladen unabhängig von den Gezeiten. 1889 bestellte die kaiserliche Kanalkommission des Nordostseekanals eine große Anzahl von Daimler-Booten. Sie waren 10 m lang, 2 m breit, bei 4 PS erreichten sie 12 km stündliche Geschwindigkeit. 1891 konnte auch das erste Rennboot mit 5 PS bereits eine vielbewunderte Geschwindigkeit von 23 km erzielen. Das Motorboot war zunächst ein wesentlich größerer Erfolg als der Kraftwagen. Die geringen Betriebskosten, die einfache Handhabung und die rasche Fahrbereitschaft haben ihm rasch das Feld erobert. Hier war genügend Kühlwasser vorhanden, auch die Übertragung auf die Schraube und die Steuerung waren einfach.

Daneben wurde an der Entwicklung des Motors rastlos weitergearbeitet. 1889 konstruierte Daimler einen Zweizylindermotor, dessen Zylinder etwa unter 20° — also unter einem sehr kleinen Winkel — schräg gegeneinandergestellt waren. Das war für fast ein Jahrzehnt die kennzeichnende Bauart für den Kraftwagenmotor. Diese Neuerung war Daimler ab 9. Juni 1889 durch das Patent Nr. 50839 geschützt worden, wie er überhaupt in jenen Jahren weitere wichtige Patente erwarb, die wichtigsten davon wurden in 15 Ländern erteilt.

Daimler wollte in erster Linie zur Massenfabrikation seines schnellaufenden Motors kommen, und er dachte daran, jeden vorhandenen Wagen leicht mit ihm betreiben zu können. Er wollte, wie man heute den Außenbordmotor an jedes Boot anbringen kann, seinen Motor auch am Heck jedes Gefährtes, sei es nun Wagen oder Boot, anbringen. Der Antrieb mußte daher möglichst einfach sein, denn es handelte sich ja darum, die große Gemeinde derer, die von der Technik nichts verstand, möglichst schnell als Kunden zu gewinnen. Den Wagenbauern wollte er das Geschäft nicht verderben, er wollte mit ihnen in Freundschaft bleiben, denn sie sollten ja alle möglichst in jeden ihrer Wagen einen Motor von ihm einbauen lassen. Maybach aber war davon überzeugt, daß man den Motor mit den Rädern und

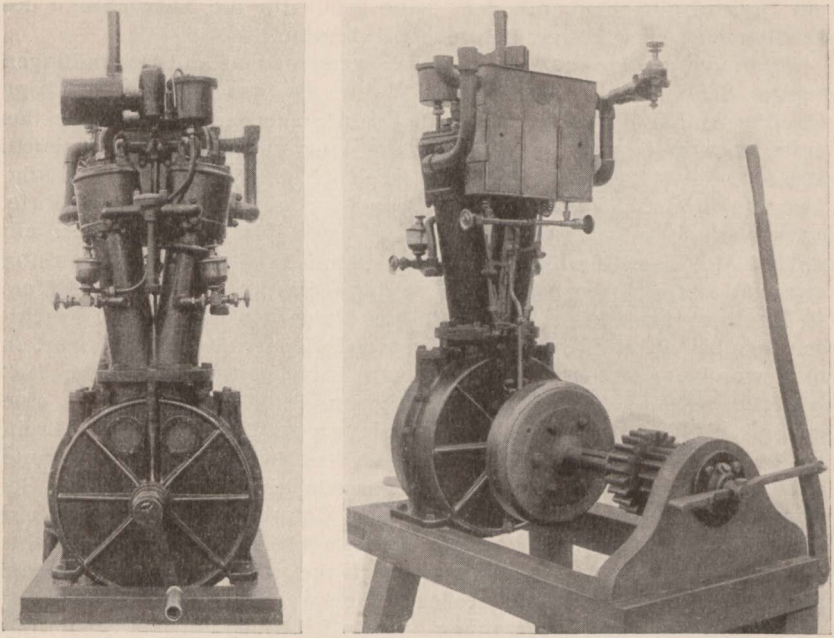


Abb. 8. Daimlers Motor mit V-förmig angeordneten Zylindern, 1889

dem gesamten Wagengestell zu einer einheitlichen Maschine durchbilden müsse, wobei dann allerdings den bisherigen Wagenbauern nichts mehr zu tun übrig blieb. Daimler drängte auf möglichste Einfachheit. Maybachs Konstruktionen waren im Anfang für das Ziel, das Daimler im Auge hatte, zu verwickelt. Aber die Leistungen, die in immer höherem Maße verlangt wurden, konnten bald die für Pferdebetrieb erbauten Wagen nicht mehr erfüllen. Der Weg vom Wagen mit Motor bis zur Fahrzeugmaschine wurde von den Anforderungen, die in erster Linie die Rennfahrer stellten, immer mehr erzwungen. Daß trotz solcher Meinungsverschiedenheiten Daimler seinen Mitarbeiter Maybach, an dessen Entwicklung zum hervorragenden Ingenieur er selbst stark beteiligt war, hoch einschätzte, geht schon aus der Tatsache hervor, daß er Wert darauf legte, immer wieder mit ihm zusammen zu arbeiten. In Reutlingen traf der 33jährige Daimler zuerst mit dem 21 Jahre alten Maybach zusammen. Dieser folgte Daimler dann nach Karlsruhe, von dort ging es nach Deutz und schließlich nach Cannstatt. Hier wurde Maybach nicht nur der Mitarbeiter, bewußt suchte ihn Daimler als Teilhaber mit dem von ihm neu gegründeten Unternehmen zu verbinden. Beide waren Schwaben mit harten

Köpfen, und sicher waren die drei Jahrzehnte gemeinsamer Lebensarbeit nicht nur von gefühlsmäßig betonter Harmonie erfüllt. Es gab harte Kämpfe über manche technische Frage. Da ging es Daimler manchmal nicht schnell genug mit dem Abschluß einer konstruktiven Entwicklung. Immer wollte Maybach in den stürmischen Tagen des Fortschritts noch das eine oder andere verbessern. Wie sollte man dabei wirtschaftlich günstig fabrizieren, wenn jede Konstruktion anders aussah als die vorhergehende! Doch fanden sich die beiden Männer immer wieder auf der mittleren Linie. Maybach gelang es 1889, einen ganz aus Stahl erbauten Wagen mit Drahtspeichenrädern für zwei Personen, dessen Motor stehend unter der Sitzbank bequem zugänglich war, zu bauen, den er 1889 auch in Paris vorführen konnte. Hier wurden vier Geschwindigkeiten benutzt. Das Kühlwasser für den Motor wurde zur Rückkühlung durch die Rohre geleitet, die das Gestell des Wagens bildeten.

Daimler suchte planmäßig nach weiteren anderen Verwendungsgebieten. Schon 1887 baute er seinen Motor auf einer kleinen Schienenbahn in Cannstatt ein. So wurden Daimler-Motoren für Straßenbahnen benutzt. Bald danach baute man einen Motor in einen Eisenbahn-Gepäckwagen ein und erprobte diesen ersten Benzintriebwagen auf der Strecke Unterboihingen—Kirchheim. Wie man sich beim ersten Motorboot Mühe gab, es dem Vertrauen des Publikums als elektrisch angetrieben zu empfehlen, so galt auch dieser Wagen beim Bahnpersonal als elektrisch betrieben. Im Dezember 1893 hat dann die Eisenbahn den ersten eigentlichen Triebwagen zwischen Riedlingen und Sigmaringen in Betrieb genommen. Es war ein straßenbahnähnlicher leichter Personenwagen mit einem Motor von 5,5 PS. 1896 bereits wurden Triebwagen von 14, 20 und später 30 PS in den regelmäßigen Dienst eingestellt. Sehr früh hat man auch in Württemberg Omnibusse mit Daimler-Motoren für den Personenverkehr benutzt. Um 1897 hat eine Motorwagengesellschaft zwischen Künzelsau und Mergentheim regelmäßig zwei Personenwagen laufen lassen, die auch die Post beförderten. Die Wagen liefen noch mit Glührohrzündung, und auf den steileren Straßenstrecken war besonders im Winter manches Versagen festzustellen.

Auch die Entwicklung des Automobils ging in Deutschland voran, allerdings sehr langsam. 1889 war die erste Ausstellung von Daimler-Automobilen und -Motorbooten auf der Weltausstellung in Paris zu sehen, und stolz zeigte man als Beispiel für die Entwicklung das erste Auto vom Jahre 1886. 1890 wurde ein viersitziger Wagen mit Riemenübertragung in den Verkehr gebracht. Der große Motorkasten hing, einem riesigen Musterkoffer vergleichbar, hinten im Wagengestell. Der Wagen hatte Vollgummireifen und Kulissenschaltung und arbeitete mit einem unter Druck stehenden Benzinbehälter.

BIBLIOTEKA ELBLĄSKA
BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA

Die Verbindung mit Frankreich führte für Daimler zu großen Erfolgen. Französische Ingenieure hatten sich mit den Kraftwagen bereits länger beschäftigt und wußten deshalb auch die deutschen Leistungen hoch zu schätzen. Daimler und Maybach versäumten nicht, die Beziehungen, die sie bereits von Deutz aus zu Paris hatten, wieder von neuem nutzbringend zu verwerten. Der frühere Vertreter der Gasmotorenfabrik Deutz *Sarazin* war gestorben, aber seine tatkräftige Frau führte das Geschäft weiter. Sie erkannte die Bedeutung der Daimlerschen Erfindung und erwarb das Recht, diese Wagen in Frankreich zu bauen. Sie verheiratete sich bald darauf mit *Levassor,* einem guten Ingenieur und begeisterten Freund des Kraftwagens. Er gründete die Firma Panhard & Levassor, und diese so berühmt gewordene Fabrik übernahm 1889 alle französischen Patente Daimlers. Ohne seine Wohnung in Cannstatt aufzugeben, war Daimler mit seiner Familie jahrelang ständig in Paris, und auch Maybach pflegte die Beziehungen zu den französischen Automobilfreunden sorgfältig und freute sich mit Recht, daß gerade auch seine Auffassung von der Entwicklung des Kraftwagens in Frankreich großes Verständnis fand. So sind unter maßgebender Mitwirkung französischer Ingenieure wertvollste Gedanken und ausgeführte Konstruktionen, die patentamtlich geschützt waren, zuerst in Frankreich zu voller Wirkung gekommen.

Der große Antrieb für die Entwicklung des Automobils war in Frankreich der Sport. Der romantische Rennwagen interessierte zunächst viel mehr als der nützliche Gebrauchswagen. Das erste internationale Automobilrennen wurde am 1. Juli 1894 auf der Straße Paris—Rouen—Paris ausgetragen. Die Zeitung „Le Petit Journal" veranstaltete es. 102 Fahrzeuge verschiedenster Art waren gemeldet, sie arbeiteten mit Benzin, Dampf und elektrischem Strom. Nur 15 kamen ans Ziel. 20 verschiedene Bauarten stellten sich hier zur Probe vor, ein Daimler-Wagen gewann das Rennen. 126 km wurden in fünf Stunden und 50 Minuten zurückgelegt, es wurde eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 20,47 km/h erreicht. Das galt 1894 als unerhörte Leistung. Ein Jahr später — 1895 — fand das große Rennen Paris—Bordeaux—Paris statt. Es waren 1175 km zurückzulegen, und es wurde eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 24,5 km/h erreicht. Sämtliche erste Geldpreise — 80 000 Fr. — erhielt Daimler. Man kann sich die Freude und Genugtuung vorstellen. Es handelte sich ja nicht nur um das Geld, jetzt wurde die Leistung weltbekannt, der Erfolg in dem Rennen war ein wirksames Werbemittel. Diese Rennen bedeuteten eine ungemein harte Probe für Motor und Wagen, nicht weniger aber auch für die Sicherheit im Wagenlenken und die Kaltblütigkeit der Fahrer.

Während sich das Volk, besonders in Frankreich, an den Rennen dieser kraftbetriebenen Wagen begeisterte, standen die Fachleute

merkwürdig kühl beiseite. 1898 leitete *K. Mathée* einen Vortrag im Kölner Bezirksverein deutscher Ingenieure über „Automobilwagen" noch mit dem Hinweis ein, daß Straßenfahrzeuge mit motorischem Antrieb bei uns in Deutschland vom großen Publikum und von manchen Fachgenossen lediglich als Spielerei betrachtet werden, mit der sich ernstlich zu beschäftigen nicht lohne. Käme man mit einem Motorwagen in Orte, wo man sie gar nicht oder wenig kenne, und dies träfe in Deutschland noch fast allenthalben zu, so merke man, wie sich die Stimmung der neugierigen Zuschauer aus Verachtung und schadenfroher Erwartung eines etwa eintretenden Unfalls zusammensetze. Das bereits vorhandene Vorurteil könnte um so weniger beseitigt werden, je seltener Gelegenheit sei, sich von etwaigen Fortschritten zu überzeugen. Nach Ansicht des Redners aber seien diese Fortschritte tatsächlich vorhanden, und er glaube, daß man in Zukunft mit den Automobilen rechnen müsse. In England aber finden wir im „Engineering" vom 20. November 1896 noch eine sehr ergötzliche Beschreibung vom Rennen „mechanisch angetriebener Wagen". Die 54 Motorwagen, die nach Brighton fuhren, und die fast alle mit Benzin betrieben wurden, hätten dem denkenden Ingenieur ein recht melancholisches Schauspiel dargeboten. Vor allem das Anfahren habe den Berichterstatter davon überzeugt, daß das Automobil in verkehrsreichen Straßen noch lange nicht zu gebrauchen sei. Aber trotz dieses Abwartens der Fachkreise ließ sich die Entwicklung nicht mehr aufhalten. Daimler, Maybach und Benz gewannen das Rennen. Am 1. Januar 1908 waren in Deutschland bereits 36 000 Kraftfahrzeuge im Betrieb, davon waren die Hälfte Motorräder. Die große Entwicklung setzt erst mit dem 20. Jahrhundert ein.

Schon lange war Daimler seine erste kleine Versuchswerkstatt zu klein geworden, und er hatte sich daher 1886 auf dem Seelberg, Ludwigstraße 67, in Cannstatt ein Fabrikanwesen gekauft, in dem er bald 25 Arbeiter und 9 Angestellte beschäftigte. Die Fabrikation hatte sich so weit gesteigert, daß man ihm von verschiedenen Seiten Vorschläge zur Gründung einer Gesellschaft machte, die in größerem Maße seine Erfindung auswerten sollte. Daimler trat hierüber mit dem ihm seit langen Jahren bekannten Geh. Kommerzienrat *Max Duttenhofer* in Rottweil in Unterhandlungen. Später kamen der Ingenieur *Wilhelm Lorenz* aus Arnsberg i. Westf., Baurat *Adolf Groß*, der Direktor der Maschinenfabrik Eßlingen und der Geh. Kommerzienrat Dr. *Kilian Steiner* dazu. Bei ihnen glaubte Daimler, großes Interesse für seine Sache zu finden, und so kam ein Gesellschaftsvertrag zustande, „weil ich eine so ausdehnungsfähige Sache nicht auf meine Person allein stellen wollte". Dem ersten Vertrag folgte am 28. November 1890 die Gründung der Aktiengesellschaft „Daimler-Motoren-Gesellschaft in Cannstatt". Bald aber stellten sich Schwierigkeiten im Zusammen-

arbeiten zwischen Daimler und der Geschäftsführung sowie seinen Kollegen im Aufsichtsrat der Gesellschaft heraus. Sie führten dazu, daß Daimler und auch Maybach, der als technischer Direktor vorgesehen war, sich schon nach wenigen Monaten von dem Unternehmen trennten. Man begann nunmehr in Cannstatt wieder unabhängig von der Aktiengesellschaft Versuche zu machen. Daimler finanzierte das Unternehmen, für das er in Cannstatt das frühere Hotel Hermann in der Badstraße erwarb, während Maybach maßgebend als Konstrukteur tätig war. Zu den Ergebnissen dieser Arbeit gehörte vor allem auch ein 1892 erfundenes neues Verfahren zum Mischen des Brennstoffs mit der angesaugten Luft, das die Grundlage der heute allgemein gebrauchten Spitzvergaser mit Schwimmerreglung geworden ist (Französisches Patent Nr. 232 230 vom 17. August 1893). Die in dem Daimler-Maybachschen Betrieb entstandenen Leistungen aber wußte man in der Daimler-Motoren-Gesellschaft sehr wohl einzuschätzen, und so verständigte man sich 1895 dahin, daß die beiden Unternehmungen zusammengelegt wurden. Daimler trat in den Aufsichtsrat ein, und Maybach übernahm die verantwortliche technische Leitung der Werke. Hier konnte er nun unter eigener Verantwortung den Zielen zustreben, die er auch bisher in der gemeinsamen Arbeit mit Daimler unentwegt verfolgt hatte. Auch Daimler nahm größten Anteil an all den neuen Entwicklungen, die sich anbahnten.

Eine mächtig vorwärts treibende Kraft war in diesen Jahren der österreichisch-ungarische Generalkonsul *Emil Jellinek* in Nizza, ein Kaufmann, der mit großen Fähigkeiten auf seinem Gebiet eine starke Vorliebe für das Automobil mitbrachte. Er hatte sich in Frankreich für die Rennen begeistert, er kannte alle Welt und verstand es vor allem zu verkaufen. Er sah die großen Entwicklungsmöglichkeiten klar vor sich, und danach richtete er sein Handeln, das ihm auch außergewöhnlich großen materiellen Gewinn eintrug. Immer wieder versetzte er Daimler und Maybach in Aufregung durch die Forderungen, die er an die Wagen stellte. Hatte ein Wagen Erfolg gehabt mit 9 PS, dann sollte der nächste schon 12 und der darauf folgende 30 oder 40 PS haben. Es kam zu harten Auseinandersetzungen, aber da Jellinek über große Geldmittel verfügte, war er eben der Auftraggeber, dessen Wünsche man auch dann zu erfüllen hatte, wenn man sie für übertrieben hielt. So entstand um 1900 ein neuer Wagen, der auch in seiner äußeren Form dem heutigen Automobil schon wesentlich näher kam. Er hatte einen langgestreckten, tiefliegenden Rahmen mit vornliegendem Motor. Dieser war mit Spritzvergaser, zwangläufig gesteuerten Einlaßventilen und dem ebenfalls von Maybach entwickelten Wabenkühler ausgestattet. In den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts waren magnet-elektrische Zündapparate besonders von *Robert Bosch* in Stuttgart so weit entwickelt worden, daß

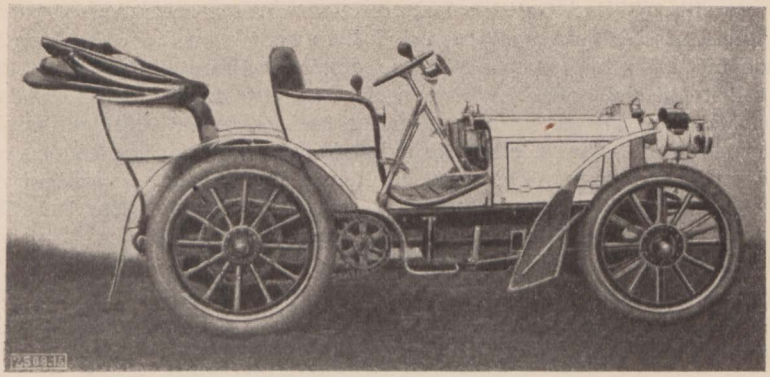


Abb. 9. Erster Mercedes-Wagen, 1901

sie die Glührohrzündung völlig verdrängten. Auch Wechsel- und Ausgleichgetriebe wiesen wesentliche Fortschritte auf. Die Luftreifen, die um 1895 aufkamen, waren seit 1898 bei den Personenkraftwagen von Daimler zur Regel geworden.

Dieser Wagen sollte nunmehr im neuen Jahrhundert alle die großen Rennen bestreiten, von denen Jellinek wußte, daß sie zumindest in Frankreich sicher stattfinden würden. Man sah sich nach einem internationalen Namen für den Wagen um, und man nannte ihn schließlich nach der bildhübschen Tochter Jellineks „Mercedes". Das Bild von Fräulein *Mercedes Jellinek* hängt in dem schönen historischen Museum der Daimler-Motoren-Gesellschaft neben den Bildern von Daimler und Maybach und den großen erfolgreichen Rennfahrern der Mercedes-Wagen.

Auch das Heer suchte Daimler frühzeitig als Auftraggeber zu gewinnen. Die ersten Versuche mit Motorfahrzeugen reichen schon bis 1892 zurück. Sie wurden von der Eisenbahn-Brigade unternommen. 1898 wurden bereits Bedingungen für den Bau militärischer Kraftwagen aufgestellt. Ein Jahr später wurde bei der Versuchsabteilung der Verkehrstruppen ein Selbstfahrerkommando errichtet. Anfangs handelte es sich nur um Personenwagen für Offiziere. Dann begann der Lastwagen bald auch im Heer eine Rolle zu spielen. Drei Jahre nach dem Tode seines Vaters hat *Paul Daimler* als technischer Direktor der Daimler-Motoren-Gesellschaft ein Kriegsfahrzeug mit Vierradantrieb konstruiert, das 1904 bis 1905 als erster Panzerwagen mit Schnellfeuergeschütz, 30-PS-Motor und Vierradantrieb gebaut wurde.

Bereits 1897 hat Gottlieb Daimler dem Militär seinen Motor auch für die Luftschiffahrt empfohlen. Mit dem Grafen *Ferdinand v. Zeppelin* (1838 bis 1917) hat er frühzeitig in enger Fühlung gestanden. Auch er selbst hat sich mit dem Flugproblem befaßt. Er scheute sich aber, öffentlich darüber zu sprechen, da er meinte, er hätte schon zuviel Aufsehen mit seinem selbstfahrenden Wagen in den Straßen erregt, und er wollte doch nicht, daß die Leute ihn für ganz verrückt erklärten, wenn er nun auch noch an das Fliegen denke. Ein Daimler-Motor ist aber bereits 1888 in ein Versuchsluftschiff des Leipziger Buchhändlers Dr. Wölfert eingebaut worden. Auch hier setzte die große Entwicklung erst nach dem Tode Gottlieb Daimlers ein, und Maybach war berufen, nachdem er am 1. April 1907 aus der Daimler-Motoren-Gesellschaft endgültig ausgeschieden war, im Auftrag des Grafen Zeppelin sich maßgebend mit der Konstruktion von Luftschiffmotoren zu befassen. Als der Graf durch die Volksspende dazu übergehen konnte, in Friedrichshafen selbst die Fabrikation in großem Umfang aufzunehmen, war dann der durch die Schule seines Vaters gegangene Sohn *Karl Maybach* berufen, hier unter eigener Verantwortung die Luftschiffmotoren zu bauen, von denen neben größter Betriebssicherheit immer neue größere Leistungen verlangt wurden. Wie bei Daimler, hat auch hier bei Maybach der Sohn das Werk des Vaters später auch im Automobilbau in großem Maßstabe fortentwickelt.

Gottlieb Daimler aber sollte den großen Erfolg des ersten Mercedes-Wagens 1901 nicht mehr erleben. In den letzten Jahren hatte ihn bereits Krankheit verhindert, noch mit der früheren vollen Tatkraft im Betriebe mitzuarbeiten, obwohl er bis zuletzt immer noch mit größtem Interesse an der Entwicklung teilnahm und manche wertvolle Anregung zu den neuen Gedanken und Plänen beisteuerte. Am 6. März 1900 verschied Gottlieb Daimler im Alter von 66 Jahren. Ihm war es nicht beschieden, in seiner vollen Auswirkung den auch von ihm wohl niemals geahnten großen Erfolg seiner Pionierarbeit zu erleben. Wilhelm Maybach hat dagegen noch 29 Jahre maßgebend an der großen Entwicklung im 20. Jahrhundert mitwirken können. Er ist im Alter von 84 Jahren am 29. Dezember 1929 in Cannstatt gestorben.

Wir sahen, wie Gottlieb Daimler sich vielseitig und mit größtem Fleiß in der mechanischen Technik ausgebildet hat, wie er dann frühzeitig in Deutz dazu berufen war, ein in der Entwicklung begriffenes neues Unternehmen zu leiten. Aus seiner Lebensarbeit ergibt sich seine große Fähigkeit, Entwicklungen vorauszusehen, und sie gestaltend maßgebend zu beeinflussen. Er galt in allen Kreisen, die ihn kannten, als ein glücklicher Erfinder, aber er wußte,

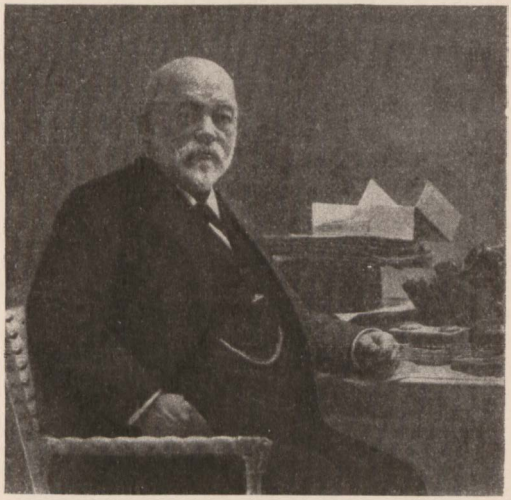
wie auch hier die Götter vor den Erfolg unablässige harte Mühe und Arbeit gestellt haben. Als eine Frau ihn einmal besuchte und ihn bat, er möchte doch ihrem Sohn „das Erfinden lehren", soll er geantwortet haben, dann müßte es der Junge machen wie er selbst, er habe 15 Jahre lang täglich von früh um 5 bis 8 Uhr abends gearbeitet mit einer halben Stunde Mittagspause. Dieser große Fleiß ist kenn-

Wilhelm Maybach
geb. 9. Februar 1846 in Heilbronn
gest. 29. Dezember 1929 in Cannstatt
(Nach einer Photographie aus den achtziger Jahren)

zeichnend für ihn. Von ausschlaggebender Bedeutung für den Erfolg seiner Arbeit war aber auch seine große Erfahrung in der praktischen Arbeit. Als Büchsenmacher hatte er gelernt und sich in Deutschland, Frankreich und England weiter ausgebildet. Er war in der Werkstatt zuhause, und er wußte besser als jeder andere, wie man konstruktive Gedanken in Eisen und Stahl zur Wirklichkeit werden lassen kann.

Über seine Persönlichkeit außerhalb seiner Arbeit wissen wir nur wenig. Er war eine kräftige, untersetzte und gedrungene

Erscheinung, im Verkehr mit fremden Menschen nicht sehr gewandt, man kann von ihm nicht sagen, daß er schnell fertig mit dem Wort gewesen sei. Nur im Kreis seiner Mitarbeiter vermochte er, seine Gedanken sehr anschaulich auszudrücken. Mit der Natur lebte er in engster Freundschaft. Schon in Deutz pflegte er besonders den Obstbau, und später, als er vermögend geworden war, machte er auch Stiftungen, um den Obstbau Württembergs zu fördern. Das Bild seiner ersten Werkstatt zeigt daneben sein großes Gewächshaus.



Gottlieb Daimler

geb. 17. März 1834 in Schorndorf
gest. 6. März 1900 in Cannstatt

Gottlieb Daimler hatte sich am 29. November 1867 mit Emma, einer geborenen Kurz aus Maulbronn, verheiratet. Aus dieser Ehe entsprossen drei Söhne und zwei Töchter, von denen der jüngste Sohn schon früh starb. Der älteste Sohn, Baurat *Paul Daimler*, hat viele Jahre an maßgebender Stelle in den Daimler-Motorenwerken und in anderen großen Unternehmungen gearbeitet. Er ist der Lebensarbeit seines Vaters bis zum heutigen Tage treu geblieben. Sein jüngerer Bruder *Adolf Daimler* (1871 bis 1913) ist ebenfalls in der Daimler-Motoren-Gesellschaft tätig gewesen, aber leider hat seinem Wirken als leitender Betriebsdirektor in Untertürkheim im Alter von 46 Jahren der

Tod ein Ziel gesetzt. Nachdem Frau *Emma Daimler* 1889 gestorben war, hat sich Daimler 1891 wieder verheiratet. Der aus dieser Ehe stammende Sohn *Gottlieb Daimler* ist 1917 als aktiver Offizier gefallen, eine Tochter lebt noch. Frau *Lina Daimler* hat ihren Gatten noch um 32 Jahre überlebt.

Den rechten Maßstab für die Bedeutung Daimlers und seiner Leistung gewinnt man erst, wenn man sich in großen Zügen die Weiterentwicklung vor Augen führt. Aus der kleinen Werkstatt ist ein riesiges Unternehmen entstanden, aus dem immer vollkommenere Leistungen der denkbar verschiedensten Art hervorgehen. 1903 entstanden die großen neuen Werke in Untertürkheim bei Stuttgart, die nicht mehr zu vergleichen waren mit den durch einen Fabrikbrand zerstörten bescheidenen Räumen in Cannstatt.

In scharfem Wettbewerb mit Daimler entwickelte sich die Rheinische Automobil- und Motorenfabrik Benz & Cie. in Mannheim, bis es schließlich hier zu einer geschäftlichen Vereinigung kam. Die Namen zweier scharfen Konkurrenten, die sich nie im Leben persönlich getroffen hatten, vereinigten sich zum Doppelnamen der neuen Firma Daimler-Benz, wie es einst auch in der Elektrotechnik, was die Zeitgenossen des schärfsten Wettbewerbs wohl nie für möglich gehalten hatten, in den Siemens-Schuckertwerken geschah. —

Im neuen Jahrhundert entstanden neue Kraftfahrzeugfabriken. 1909 gab es in Deutschland bereits 34 Automobilfabriken mit 43 Millionen Mark Kapital, die 10 000 Arbeiter beschäftigten. Der Wert der hergestellten Fahrzeuge betrug 51 Millionen Mark. Bis zum Weltkrieg waren sehr beachtliche Leistungen erreicht worden. Die Daimlerwerke hatten von 1901 bis 1914 108 Rennen und Tourenfahrten in der ganzen Welt bestritten. Die Festschrift, die zum 25jährigen Bestehen der Firma 1915 mitten im Weltkrieg herauskam, gibt die genaue Zusammenstellung aller dieser Rennen, und immer wieder enthält die Spalte, die über die Leistungen Auskunft erteilt, den Vermerk: Sieger, 1. Preis, Weltrekord usw. Das „Rennen der Rennen" wurde am 4. Juli 1914, wenige Wochen vor Ausbruch des Krieges, in Frankreich gefahren. 12 französische Wagen und 29 Wagen anderer Nationen bestritten dieses Rennen. Alle bisherigen Sieger im Grand Prix nahmen daran teil, Mercedes gewann dieses Rennen dreifach, die drei ersten Plätze gehörten Deutschland. Wir wissen, zu welchen großen Leistungen der Kraftwagen in allen seinen Ausführungsformen im Weltkrieg berufen war. Riesige Anforderungen kamen mit riesigen Aufträgen an die großen leistungsfähigen Firmen des Automobilbaus. Nach dem Krieg kamen schwere Zeiten. Amerika hatte durch seine Massenfabrikation außerordentliche Vorteile errungen.

In Deutschland hat der Reichskanzler als Führer wiederholt auf die große Bedeutung des Kraftwagens für das neue Deutschland hingewiesen. Zielbewußt soll auf seinen Wunsch ein großes Netz von Autostraßen neuester Bauart entstehen, die einen neuen Ansporn zur Entwicklung des Kraftfahrwesens geben werden. Wer die Zahl der in Deutschland heute laufenden Wagen mit der von Frankreich, England oder gar Amerika vergleicht sieht, vor welch neuen großen Aufgaben heute der deutsche Automobilbau steht, und so sind wir dankbar, daß wir in Erinnerung an die Lebensarbeit Gottlieb Daimlers aus Anlaß seines 100. Geburtstags mit einem hoffnungsvollen Ausblick auf die weitere Entwicklung des Kraftwagens schließen können.

Schrifttumverzeichnis

Persönliche Mitteilungen der Herren Baurat Paul Daimler, Oberbaurat Wilhelm Maybach †, Dr.-Ing. E. h. Karl Maybach, Dr.-Ing. E. h. Eugen Kittel und Regierungsbaumeister Wilhelm Hoffmann.

Carl Benz: Lebensfahrt eines deutschen Erfinders, Erinnerungen eines Achtzigjährigen. Leipzig 1925, Koehler & Amelang.

Festschrift „Zum 25 jährigen Bestehen der Daimler-Motoren-Gesellschaft Untertürkheim 28. November 1915".

Nachruf „Adolf Daimler", Das Motorschiff und Motorboot, Bd. 10 (1913) Nr. 8, S. 3.

Eugen Diesel: Wir und das Auto. Denkmal einer Maschine. Leipzig 1933, Bibliographisches Institut.

Ernst Garleb: 25 Jahre Daimler-Werke. Zum 28. November 1915. Allgemeine Automobil-Zeitung Bd. 15 (1915) Nr. 47 S. 5 bis 17.

Hugo Güldner: Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgas-Anlagen. Berlin 1914, Julius Springer.

Fr. Haßler und *M. H. Kraemer:* Gottlieb Daimler. Der Schöpfer des schnellaufenden Benzinmotors und der Erfinder des heutigen Kraftwagens. Zeitschr. d. Vereines deutscher Ingenieure Bd. 78 (1934) S. 303 bis 308.

V. Heinz und *V. Klement:* Z dějin Automobilu. Prag 1931.

Arnold Heller: Motorwagen und Fahrzeugmaschinen für flüssigen Brennstoff, Bd. 1. Berlin 1925, Julius Springer.

Rudolf Hoffmann: Die Daimler-Benz A.-G. Stuttgart-Untertürkheim. Berlin 1930, Organisation Verlagsgesellschaft.

Erich Kurzel-Runtscheiner: Siegfried Marcus. Erweiterter Sonderabdruck a. d. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins. Wien 1928, Technisches Museum für Industrie und Gewerbe.

Erich Kurzel-Runtscheiner: Kraftwagentechnik. Herausgegeben v. Verein z. Förderung des Technischen Museums für Industrie und Gewerbe in Wien. Wien 1930.

C. Marcussen: Die Entwicklung des Kraftwagens. Vortrag, gehalten in der erweiterten Ingenieursitzung des Norddeutschen Vereins zur Überwachung von Dampfkesseln in Altona am 1. November 1924.

K. Mathée: Automobilwagen. Vortrag, gehalten in der 6. Versammlung des Kölner Bezirksvereins deutscher Ingenieure am 20. Juli 1898.

Conrad Matschoß: Aus der Jugendzeit des Automobils. Zeitschr. d. Vereines deutscher Ingenieure Bd. 50 (1906) S. 1257.

Conrad Matschoß: Die Entwicklung der Dampfmaschine. 2 Bde. Berlin 1908, Julius Springer.

Conrad Matschoß: Geschichte der Gasmotorenfabrik Deutz. Zur Erinnerung an 50 jährige Arbeit. Berlin 1921, Verlag des Vereines deutscher Ingenieure.

Conrad Matschoß: Wilhelm Maybach †. Zeitschr. d. Vereines deutscher Ingenieure Bd. 74 (1930) S. 457.

Conrad Matschoß: Robert Bosch und sein Werk. Im Auftrag des Vereines deutscher Ingenieure zum siebzigsten Geburtstag von Robert Bosch herausgegeben von Conrad Matschoß. Berlin 1931, VDI-Verlag G. m. b. H.

Rudolf Schöttler: Die Gasmaschine. Ihre Entwicklung, ihre heutige Bauart und ihr Kreisprozeß. Berlin 1909, Julius Springer.

H. P. Vowles und *M. W. Vowles:* The Quest for Power. London 1931, Chapman & Hall Ltd.

Engineering, London. Bd. 62 (1896) S. 648 bis 649.

Daimlers Motor-Stahlrad, in Speemann: Das neue Universum. Stuttgart o. J. S. 356 bis 357.

Zur Geschichte des Automobilmotors. Bisher unveröffentlichte Mitteilungen des Oberbaurats Maybach. Allgemeine Automobil-Zeitung Bd. 15 (1915) Nr. 52 S. 26 bis 29.

Wie ein Automobil entsteht. Deutsche Kraftfahrt. Organ des Nationalsozialistischen Kraftfahr-Korps und der Motorstürme der SA und SS. Bd. 1 (1933) Nr. 16 S. 19 bis 33.

Das Titelbildnis wurde von der Familie Hoffmann, das Bildnis Wilhelm Maybach von Herrn Dr. Karl Maybach, das Bildnis Gottlieb Daimler auf S. 24 und die Abb. 6, 8 und 9 wurden von der Daimler-Benz A.-G. zur Verfügung gestellt. Die Abb. 1, 2 und 3 stammen aus dem Deutschen Museum in München.

Oskar von Miller

Von *J. Zenneck VDI,* München *)

Diese Feier ist dem Gedächtnis an Oskar von Miller geweiht. Aber sie soll keine Trauerfeier sein; wir wollen nicht trauern, daß wir Oskar von Miller verloren, sondern wollen uns freuen, daß wir ihn gehabt haben. Und wir wollen dankbar sein, daß wir ihn so lange behalten durften: morgen würde er seinen 79. Geburtstag gefeiert haben.

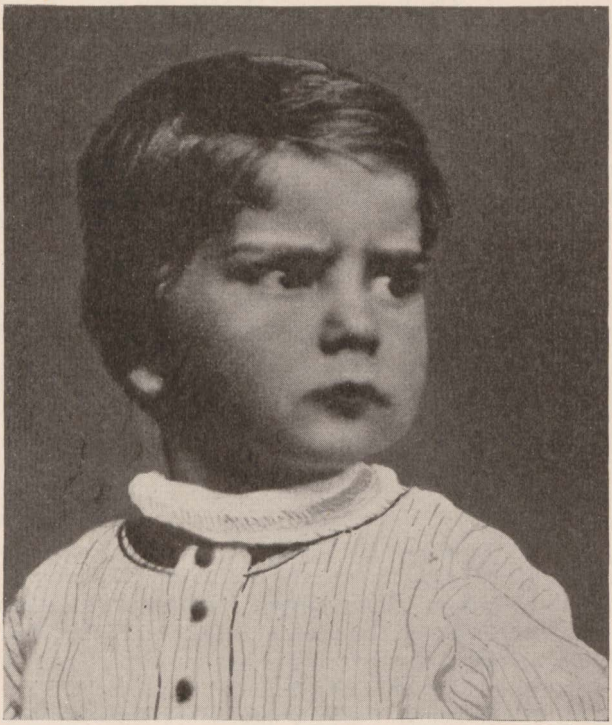
Zwei Leistungen sind es, wegen deren man Oskar von Miller noch nennen wird, wenn die meisten von uns längst vergessen sind: seine Verdienste um die Elektrotechnik und um das Deutsche Museum.

I.

Der Anlaß, der ihn, den Bauingenieur und kgl. bayerischen Baupraktikanten, in Berührung mit der Elektrotechnik brachte, war die Internationale elektrische Ausstellung in Paris im Jahre 1881. Diese Ausstellung sollte die Wunder zeigen, die der neue Zweig der Technik ermöglichte. Dort liefen elektrische Bahnen durch unsichtbare Kraft getrieben, dort übertrug das Telephon die Aufführungen der Grande Opéra, dort schufen Bogenlampen und die neuen Glühlampen eine bisher ungeahnte Lichtfülle. Dem jungen Baupraktikanten ging es wie den anderen Besuchern: er staunte und verstand nichts davon. Aber er hat Nächte hindurch gearbeitet, um das zu lernen, was ihm fehlte, und hat sich seine eigenen Gedanken dabei gemacht. Er erkannte sofort, daß in dieser neuen Technik ungeheure Entwicklungsmöglichkeiten für unser Vaterland lagen. Als er zurückkam, reichte er einen Bericht über seine Reise und seine Erfahrungen an seine Behörde ein, und in diesem Bericht, der erhalten ist und zu den interessantesten Urkunden seines Lebens gehört, vgl. S. 5, hat er mit Nachdruck auf die Bedeutung der neuen Technik für Bayern hingewiesen. Aber er wäre nicht Oskar von Miller gewesen, wenn er es hätte bei einem Schriftstück bewenden lassen; er war kein Mann der Schriftsätze, sondern ein Mann der Tat. Was er wollte, war, auch dem deutschen Volk beweisen, welche Vorteile die neue Technik für unser Land und für jeden

*) Gedächtnisrede anläßlich der Jahresversammlung des Deutschen Museums am 7. Mai 1934

einzelnen von uns bot. Aber er dachte nicht daran, sein Ziel durch Artikel in technischen Zeitschriften oder Tageszeitungen zu erreichen, er wollte die Leistungen der neuen Technik nicht beschreiben, sondern zeigen. Als 27jähriger brachte er es fertig, daß schon ein Jahr nach der Pariser Ausstellung in München eine Elektrizitäts-Ausstellung



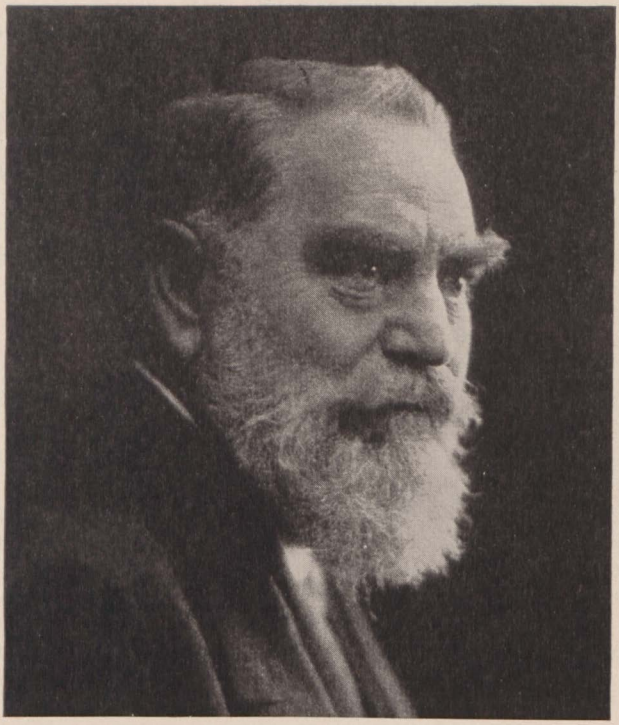
Kinderbildnis Oskar von Miller's

zustande kam, in der Telephon, elektrische Generatoren und Motoren, elektrische Beleuchtung mit all ihren Möglichkeiten und elektrische Energieübertragung vorgeführt wurden.

Von dieser Ausstellung[1]) hat Herr von Miller immer mit besonderer Liebe gesprochen, mehr als von den weiteren Großtaten auf dem

[1]) Vgl. a. H. 6 Jahrg. 4 (1932) dieser Schriftenreihe *v. Miller*: Erinnerungen an die Internationale Elektrizitäts-Ausstellung im Glaspalast zu München im Jahre 1882.

Gebiet der Elektrotechnik, die mit seinem Namen verknüpft sind. Besonders gerne erzählte er von der Energieübertragung, die der bekannte französische Elektrotechniker *Deprez* auf seine Anregung von Miesbach nach München auf eine Entfernung von 57 km unter Verwendung einer Telegraphenleitung eingerichtet hatte, und die in der Ausstellung



Oskar von Miller als Fünfundsiebzigjähriger

in München eine Zentrifugalpumpe und dadurch einen kleinen Wasserfall betrieb, wie es noch heute im Deutschen Museum erhalten ist.

Die Ausstellung war ein ganz großer Erfolg, nicht nur in den Augen der deutschen, sondern auch in denen der ausländischen Besucher. Sie hatte erreicht, was Herr von Miller wollte, und hatte ihm Gelegenheit gegeben, zum erstenmal in der Öffentlichkeit seine Fähigkeiten zu zeigen. Für ihn hatte sie sofort die Folge, daß ihn eine Anzahl führender Männer der Industrie, unter denen z. B. *Maffei* und

Schuckert waren, zu einer Studienreise in die Vereinigten Staaten von Amerika schickten, in denen die Elektrotechnik schon wesentlich weiter war, als in den europäischen Ländern. Bald nach seiner Rückkehr machte er dem Bayerischen Staatsministerium den Vorschlag, ein staatliches Büro für die Ausnützung der bayerischen Wasserkräfte mit Hilfe der Elektrizität einzurichten. Er erklärte sich bereit, die Vorarbeiten dafür ohne besondere Vergütung zu übernehmen. Der Vorschlag wurde abgelehnt und kurze Zeit darauf nahm Herr von Miller das Angebot *Emil Rathenau's* an, mit ihm in die Leitung der neugegründeten deutschen Edison-Gesellschaft für angewandte Elektrizität, der späteren Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, einzutreten. Die sieben Jahre, die Oskar von Miller in Berlin zubrachte, waren Jahre von aufregender und nahezu übermenschlicher Arbeit, aber auch von größten Erfolgen. Im Jahre 1884 wurden damals die Berliner Elektricitäts-Werke mit Rathenau und Oskar von Miller an der Spitze gegründet, die in diesem Jahr ihr 50jähriges Jubiläum feiern konnten. In ihrer Zentrale an der Spandauer Straße liefen schon im Jahre 1889 Generatoren mit 1000 PS, während die damaligen Maschinen Edisons nur ungefähr 80 PS hatten.

Im Jahre 1890 verließ Oskar von Miller seine natürlich sehr gut bezahlte Stellung in Berlin, um in München ein eigenes technisches Büro einzurichten. Der Grund waren nicht etwa irgendwelche persönliche Schwierigkeiten, der Grund war nach seiner eigenen Aussage der, daß er keine Lust hatte, „Aktiendirektor" zu werden: die stürmische technische Entwicklung der letzten sieben Jahre waren durchaus nach seinem arbeitsfreudigen Sinn gewesen, die ruhigere und mehr kommerzielle Entwicklung, die nun folgen mußte, reizte ihn nicht mehr. Es schien ihm eine lohnendere Aufgabe, selbständig mitzuarbeiten an der Ausnützung der natürlichen Energiequellen in unserem Vaterland und auch in anderen Ländern und dadurch die elektrische Energie in möglichst weiten Kreisen zu verbreiten. Sein Münchener Büro hat in allen möglichen Teilen unseres Landes und auch im Ausland elektrische Werke gebaut. Die Isarwerke oberhalb Münchens stammen von ihm, das Elektrizitätswerk in Ludwigshafen a. Rh., dasjenige in Hermannstadt in Siebenbürgen, ebenso das von Bozen und Meran sind Beispiele seiner Tätigkeit. Oskar von Miller hat seine Erfahrungen auf diesem Gebiet in einem Buch „Die Versorgung der Städte mit Elektrizität" niedergelegt, dessen erster Teil 1896, der zweite 1903 erschien. Oskar von Miller als Schöpfer des Deutschen Museums und als Vorkämpfer der Elektrotechnik kennt jeder, aber viel zu wenige wissen, was er als praktischer Ingenieur für die Ausbreitung der Elektrizitätswirtschaft geleistet hat.

Kaum hatte er sein Büro eingerichtet, da trat eine ganz andere Aufgabe an ihn heran. Frankfurt a. M. wollte eine elektrotechnische

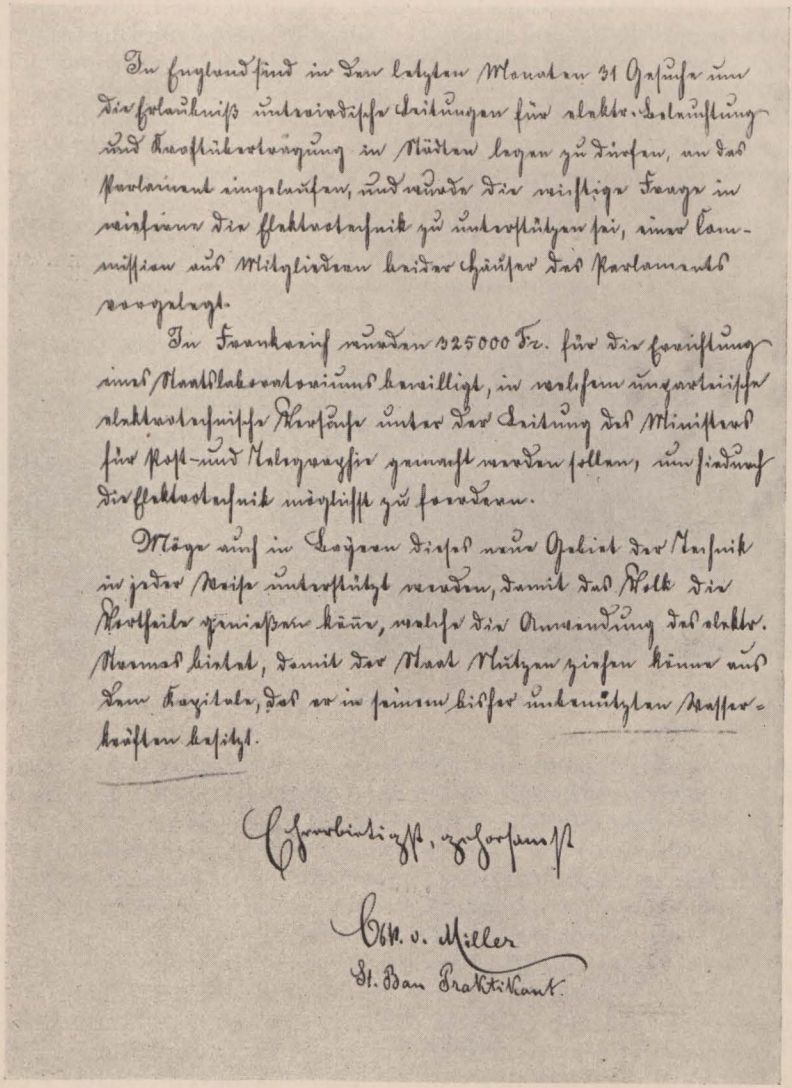


Abb. 1. Faksimile aus dem Bericht Oskar von Miller's über den Besuch der Internationalen elektrischen Ausstellung in Paris 1881

Ausstellung veranstalten und bat ihn, die technische Leitung zu übernehmen. Diese Ausstellung sollte die Fortschritte der Elektrotechnik in den letzten 10 Jahren zeigen besonders in der Energieübertragung und Energieverteilung. Oskar von Miller schlug die Vorführung einer Kraftübertragung in großem Stile vor: Die Kraftübertragung von Lauffen a. N. nach Frankfurt auf eine Entfernung von 180 km und zwar mit Drehstrom von 25 000 Volt. Die Ausstellung übertraf alle Erwartungen. Aber sie war viel mehr, als eben eine Ausstellung und eine Vorführung. Zum erstenmal wurde hier die Möglichkeit und Wirtschaftlichkeit einer elektrischen Kraftübertragung auf große Entfernung nachgewiesen. Sie hat außerdem die Frage entschieden, ob für die Über-

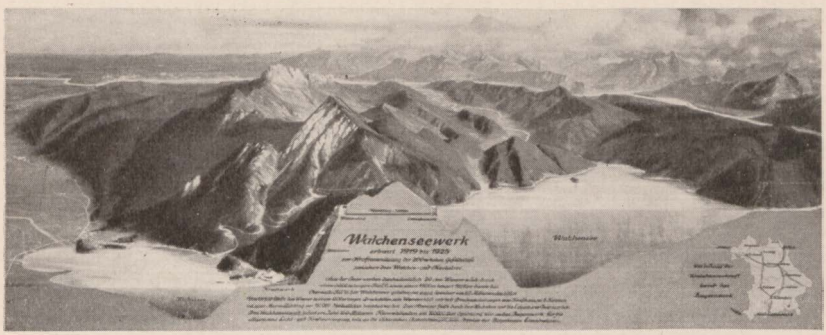


Abb. 2. Schematische Darstellung des Walchenseewerkes im Deutschen Museum

tragung elektrischer Energie Gleichstrom oder Drehstrom bzw. Wechselstrom benutzt werden soll. Wo immer heute elektrische Energie auf größere Entfernung geleitet wird, wird mit ganz wenigen Ausnahmen diejenige Stromart verwendet, die Oskar von Miller einst von Lauffen nach Frankfurt vorgeführt hatte. Diese Kraftübertragung hat den Streit entschieden; sie wird für alle Zeiten einen hervorragenden Platz in der Geschichte der Elektrotechnik einnehmen.

Auch beim Bayernwerk, das heute jeder Stadt und jedem Dorf in Bayern elektrische Energie zuführt, ist, man möchte heute fast sagen selbstverständlich, Drehstrom gewählt worden. Auch dieses Werk und selbst sein Name geht zurück auf Oskar von Miller. Er hat im Jahre 1911 den Vorschlag gemacht, man solle in einheitlicher Weise das ganze rechtsrheinische Bayern mit elektrischer Energie versorgen und zwar in der Ausführung des schon alten Plans des „Walchenseeprojekts". Er wies darauf hin, wie er sagte, „daß mit Hilfe dieses Zusammenschlusses unsere beste Kraft, die Walchenseekraft, nach

jedem einzelnen Ort in Bayern geleitet werden kann, daß mit dem Wasser, das vom Walchensee zum Kochelsee herabfällt, die Straßenbahn in Nürnberg ebenso betrieben wird wie die gewerblichen Motoren in Würzburg oder die Dreschmaschinen und Pflüge in der Oberpfalz und Niederbayern". 1918 wurde er zum Kommissar für den Ausbau des Walchenseewerks bestimmt und wenn er auch 1921 von der Leitung zurücktrat, so darf doch niemals seine Pionierarbeit vergessen werden.

Noch viel weitergehende Pläne beschäftigten ihn in seinen letzten Jahren. Ihm genügte es nicht, daß die Elektrizitätsversorgung von Bayern im wesentlichen in ein großes Netz zusammengefaßt war. Ihm schwebte etwas viel größeres vor: eine einheitliche Energieversorgung für das ganze deutsche Reich. Diesem Gedanken war das Gutachten gewidmet, das er 1928 im Auftrag des Reichswirtschaftsministers ausarbeitete, ebenso das große Projekt, das er 1930 vor dem bayerischen Industriellenverband vortrug. Noch war die Zeit dafür nicht reif, aber wir dürfen hoffen, daß in dem nun geeinten Reich das technisch mögliche an seinen Plänen in Erfüllung geht.

II.

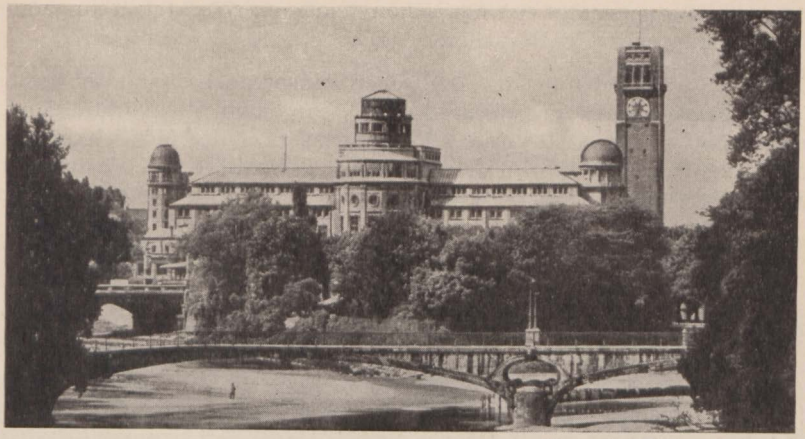
Wenn man von Oskar von Miller als dem Schöpfer des Deutschen Museums spricht, so liegt vor allem die Frage nahe: wie kam er mit seinem durchaus auf praktische Tätigkeit gerichteten Sinn auf den Gedanken eines solchen Museums. Ganz sicher haben die Museen, die er in London und Paris sah, das Science Museum in South Kensington und das Conservatoire National des Arts et Métiers in Paris auf ihn eingewirkt. Aber das Treibende war doch wohl etwas anderes. Oskar von Miller war nicht nur Ingenieur von Beruf, sondern Ingenieur aus Begeisterung. Für ihn war die Technik nicht in erster Linie ein Mittel, um Geld zu verdienen, auch nicht in erster Linie ein Mittel, um Neues zu schaffen, sie war für ihn in erster Linie ein Kulturfaktor. Er war davon überzeugt, daß die Entwicklung der Technik die Entwicklung der menschlichen Kultur bedeute, und wenn er den Plan faßte, die Entwicklung der Technik im weitesten Sinne des Wortes von ihren Anfängen an darzustellen, so war sein Ziel, damit die Entwicklung der menschlichen Kultur zu zeigen [2]). Und wenn er sein Museum ein Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik nannte, so hat er damit von vornherein ausgedrückt, daß für ihn Technik und Naturwissenschaft unlösbar zusammenhängen, was heute vielfach vergessen zu werden scheint.

Im Jahre 1903 hat er gelegentlich der 44. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in München seinen Plan einem kleinen

[2]) Vgl. a. H. 5 Jahrg. 1 (1929) dieser Schriftenreihe *v. Miller*: Technische Museen als Stätten der Volksbelehrung.

Abb. 3. Modell nach dem Plan von Gabriel von Seidl 1905

Kreis vorgetragen. Männer wie *Carl von Linde, Walter von Dyck, Wilhelm Röntgen* traten seinen Plänen bei, und als man am 28. Juli 1903 in einer Festsitzung die Gründung des Museums beschloß, fand der Gedanke überall begeisterte Aufnahme. Die Stadt München gab den Bauplatz, das Reich und Bayern versprachen große Zuschüsse, die Industrie stellte ihre Mitarbeit nach jeder Richtung in Aussicht und hat später außerordentliches für das Deutsche Museum geleistet. Männer wie *van t'Hoff, Wilhelm von Siemens* und Graf *Zeppelin,* erklärten sich bereit, in den Vorstand einzutreten. Zur vorläufigen Unterbringung stellte Prinzregent *Luitpold* das alte Nationalmuseum und später die Isar-Kaserne zur Verfügung. 1906 wurde der Grundstein für den Neubau in Anwesenheit des Deutschen Kaisers gelegt. 1914 war der Bau von *Gabriel von Seidl* nahezu vollendet, und das Museum sollte 1916 eröffnet werden. Der Krieg hat diese Pläne zunichte gemacht. Aber durch Krieg und Inflation hindurch hat Oskar von Miller mit zäher Ausdauer sein Werk fortgesetzt und an seinem 70. Geburtstag am 7. Mai 1925 wurde der Bau eröffnet. Seitdem haben 10 Millionen Menschen das Museum besucht, nicht nur Männer der Wissenschaft und Technik, sondern Angehörige aller Berufsklassen, Handwerker, Arbeiter, Lehrlinge, Schüler aller Art. Das Deutsche Museum ist das geworden, was Oskar von Miller als Ideal vorschwebte, eine Stätte der Belehrung für das ganze Volk. Der Fachmann der verschiedensten Gebiete der Wissenschaft und Technik steht hier ehrfurchtsvoll vor den Originalapparaten großer Erfinder und Entdecker, von denen die meisten längst verlorengegangen sein



(Photo: Rolf Kellner, Karlsruhe)

Abb. 4. Sammlungsbau des Deutschen Museums 1925

würden, wenn sie das Deutsche Museum nicht der Nachwelt erhalten hätte. Der Laie bekommt hier einen lebendigen Eindruck von dem, was Wissenschaft und Technik für das Leben des ganzen Volkes bedeuten. Und dem Fremden, der Deutschland und München besucht, für den das Deutsche Museum längst ein Hauptanziehungspunkt unseres Landes geworden ist, wird hier in eindringlicher, aber unaufdringlicher Weise vorgeführt, was deutsche Wissenschaft und Technik für die ganze Welt bedeuten.

Aber das Erreichte genügte Oskar von Miller nicht. Er kam zurück auf einen Gedanken, den er schon 1903, als er seine Pläne zum erstenmal entwickelte, ausgesprochen hatte, die Errichtung einer großen Bibliothek. Der Grundstein des Studiengebäudes, das diese Bibliothek enthalten sollte, ist im Jahre 1928 durch unseren Reichspräsidenten, Generalfeldmarschall *von Hindenburg*, gelegt worden. 1930, an Oskar von Millers 75. Geburtstag, war das Richtfest und schon nach zwei Jahren wurde die Bibliothek eröffnet. Was sie kennzeichnet, ist nicht ihr Bestand von 160 000 Büchern und 1200 Zeitschriften, von den deutschen und bald auch den amerikanischen Patentschriften. Was sie auszeichnet, ist ihre Organisation. Sie ist nicht eine Bibliothek nur für den Fachmann, sondern für alle Kreise des Volkes. Jeder einzelne kann sie ohne jede Formalität besuchen. Jeder kann sich in der Handbibliothek von 17 000 Büchern und Zeitschriften oder in der Bücherschau das Buch oder die Zeitschrift, die ihn interessiert, aus dem Gestell nehmen. Die originelle Bücherschau und die Nachschlageabteilung waren Lieblingsideen von Oskar von Miller. Die immer

steigende Besucherzahl beträgt schon heute an Werktagen ungefähr 550, an Sonntagen 750 Besucher.

Das Studiengebäude des Deutschen Museums besitzt aber außer der Bibliothek auch noch eine Anzahl von Sälen, die vorläufig nur im Rohbau fertiggestellt sind. Sie sollen eine dritte Möglichkeit der Volksbelehrung geben. In ihnen sollen Vorlesungen und Vorträge in erster Linie über Naturwissenschaft und Technik für die weitesten

Abb. 5. Gesamtansicht: Sammlungsbau, Bibliothek, Saalbau

Volkskreise gehalten werden und Interesse für Naturwissenschaft und Technik und Freude an ihren Ergebnissen erwecken. Damit die Vorträge so anschaulich als möglich gestaltet werden können, sollen diese Säle mit den besten Demonstrationseinrichtungen ausgestattet werden, die es zur Zeit gibt. Oskar von Miller hat die Verwirklichung des Planes nicht mehr erleben dürfen. Es würde für ihn eine besondere Freude gewesen sein, wenn wir ihm hätten berichten können, daß uns vor wenigen Tagen die Hälfte der nötigen Mittel durch die Reichsregierung zur Verfügung gestellt worden ist.

Kaum irgendeine Einrichtung gibt es, die so sehr das Werk eines einzigen Mannes ist, wie das Deutsche Museum. Es ist durchaus nicht so, daß nur die Pläne in ihren großen Zügen von Oskar von Miller stammen, daß aber die Ausgestaltung im einzelnen seinen Mitarbeitern zu verdanken ist. Gewiß ist er von seinen Mitarbeitern in wirksamster Weise unterstützt worden, aber er selbst hat sich um jede Einzelheit gekümmert. Er hat bei der Aufstellung jeder Maschine, bei der Konstruktion jedes Modells, bei jeder Erläuterung durch Tabellen oder schematische Darstellungen, bei jeder Beschriftung mitgewirkt. Auch all die Schränke und Gestelle, die Anordnung und die Aufschriften in

der Bibliothek sind von ihm mit den Fachleuten ins einzelne besprochen worden. Das war so bis in die letzten Jahre, obwohl ihm dabei seine schwindende Sehkraft besondere Schwierigkeiten bereitete.

Kennzeichnend für ihn war das Bestreben, seine Maschinen nicht wie die ausgestopften Tiere in einer zoologischen Sammlung aufzustellen, sondern sie gewissermaßen lebendig vorzuführen. Es werden im Deutschen Museum eine Anzahl der Maschinen im Betrieb, eine

Abb. 6.
Begrüßung des Reichspräsidenten Generalfeldmarschall v. Hindenburg vor der Grundsteinlegungshalle am 4. September 1928

große Anzahl naturwissenschaftlicher Erscheinungen in hübschen Demonstrationsanordnungen vorgezeigt. Wenn Sie durch das Museum gehen, werden Sie immer finden, daß vor diesen lebendigen Maschinen und vor diesen Demonstrationsanordnungen sich die Besucher häufen. Auch eine andere Idee Oskar von Millers hat sich vorzüglich bewährt: möglichst viele von den Versuchen durch den Besucher selbst betätigen zu lassen. Sie müssen einmal das Vergnügen in den Gesichtern der Besucher sehen, wenn sie einen Versuch selbst in Gang bringen und damit selbst einmal „Experimentalphysiker" spielen können: und diese Besucher sind keineswegs immer kleine Jungen.

Abb. 7. Graf Zeppelin in der Ausschußsitzung des Deutschen Museums am 6. Februar 1917

III.

Die Leistungen Oskar von Miller's habe ich zu schildern versucht. Die Frage drängt sich auf, was hat ihn zu diesen Leistungen befähigt?

In erster Linie war es die Begeisterung für seine Idee, der unbedingte Glaube an die Richtigkeit des von ihm eingeschlagenen Weges und ein unüberwindlicher Optimismus, die feste Überzeugung, daß das, was er sich vorgenommen hatte, durchgeführt werden könne und müsse. Diese Begeisterung und diesen Optimismus wußte er mit seinem feurigen Temperament auf andere zu übertragen und alle Kreise für sein Werk zu gewinnen. So ist das Deutsche Museum entstanden durch die Mitwirkung von Reich, Land und Stadt, unter Beteiligung des ganzen Volkes ohne Rücksicht auf die Partei, ein Deutsches Museum im wahren Sinne des Wortes.

Aber die Bereitwilligkeit, mitzuarbeiten, wäre vielleicht doch nicht so groß gewesen, wenn nicht jedermann gefühlt hätte, daß er keine eigennützigen Zwecke verfolgte, sondern daß das, was er beabsichtigte, der Allgemeinheit dienen sollte. Zu welcher Uneigennützigkeit er bereit war, wenn es galt, sein Ziel durchzusetzen, beweist am besten die Tatsache, daß er seit 1905, also beinahe seit 30 Jahren, einen außerordent-

(Atlantik-Photo, Berlin)

Abb. 8. Oskar von Miller in der Bildhauer-Werkstätte des Deutschen Museums

lich großen Teil seiner Zeit und Arbeit seinem Büro entzogen und dem Deutschen Museum gewidmet hat ohne die geringste weder direkte noch indirekte Entschädigung irgendwelcher Art. Wie rücksichtslos er gegen sich selbst in der Verfolgung eines Zieles sein konnte, aber auch mit welch feinem Instinkt er die kommende Entwicklung voraussah, mag das folgende Beispiel beweisen. Die Stadt Ludwigshafen a. Rh. hatte mit Rücksicht darauf, daß sie damals meist aus Arbeitervierteln bestand, eine kleine elektrische Zentrale mit Lokomobilen geplant. Herr von Miller, dessen Bestreben es immer war, elektrische Energie zur Helferin jedes, auch des kleinsten Haushalts zu machen, war überzeugt, daß auch in Ludwigshafen das Bedürfnis nach elektrischer Energie wachsen würde, sobald die Möglichkeit zu seiner Befriedigung vorhanden wäre. Er schlug deshalb vor, eine Zentrale mit mehreren Tausend PS zu bauen. Die Stadt scheute das Risiko. Herr von Miller erbot sich, das Werk gegen eine Pauschalsumme zu errichten, 25 Jahre in eigenem Betrieb zu führen unter Gewährleistung einer steigenden Verzinsung des angelegten Kapitals und außerdem mit der Bestimmung, daß ein über die Verzinsung hinausgehender Gewinn zwischen ihm und der Stadt Ludwigshafen geteilt werden sollte. Außerdem sollte die Stadt, wenn sie wollte, das Recht haben, schon nach 6 Jahren das Werk in eigenen Betrieb zu übernehmen. Das Angebot Herrn von Millers, das ihm selbst alles Risiko auflud, erschien dem

(Photo: Max Wich, München)

Abb. 9. Besuch von Henry Ford im Deutschen Museum am 24. September 1930

bei den Verhandlungen anwesenden Direktor der pfälzischen Bahnen so unsinnig, daß er sich telegraphisch an die älteren Brüder Oskar von Millers wandte, sie möchten ihn doch von diesem Vertrag abbringen, da ein derartiger phantastischer Plan eine untragbare Verantwortung seiner Familie aufbürden könnte. Aber Oskar von Miller behielt recht, und die Stadt Ludwigshafen machte nach 6 Jahren nur zu gern von ihrem Recht Gebrauch, das Werk in eigenen Betrieb zu übernehmen.

Zustatten kam Oskar von Miller seine ungeheure Arbeitskraft und Energie und seine bis vor einem Jahr außerordentlich robuste Gesundheit. Er war in seiner Jugend begeisterter Bergsteiger, Schlittschuhläufer und nicht zuletzt Tänzer. Als das Fahrrad aufkam, fand es in ihm einen überzeugten Anhänger. Was er noch im späteren Alter körperlich leisten konnte, davon erzählen diejenigen, die mit ihm in den letzten Jahren in Indien und bei der Weltkraftkonferenz in Japan waren, Wunderdinge. Noch im letzten Jahr, als seine Gesundheit schon nicht mehr ganz unberührt war, hat er bei der Weltkraft-Teilkonferenz in den skandinavischen Ländern und bei den Ausflügen, die im Zusammenhang damit ausgeführt wurden, alle durch seine körperliche Leistungsfähigkeit verblüfft. Geistig ist er bis zuletzt von einer Frische gewesen, wie sie die wenigsten in der Jugend besitzen. Wenn man mit ihm zu arbeiten hatte, kam es einem immer wieder

(Photo: Huber & Spiessl, München)

Abb. 10. Herr und Frau von Miller auf dem Weg zur Eröffnung der Bibliothek des Deutschen Museums am 7. Mai 1932

lebhaft zum Bewußtsein, daß der Grad der geistigen Frische nicht durch die Zahl der Lebensjahre bestimmt ist. Ohne diese geistige und körperliche Arbeitskraft hätte er trotz aller Arbeitsfreudigkeit und Energie nicht das leisten können, was er in seinem langen Leben geleistet hat. Daß er dieselbe Arbeitsfreudigkeit, die er selbst besaß und dieselbe Arbeitskraft auch bei seinen Mitarbeitern voraussetzte, brauche ich kaum zu betonen; manche von ihnen mußten sich erst an sein Tempo gewöhnen. Bezeichnend für ihn war besonders, daß er das, was einmal beschlossen war, sofort durchführte; er hat nie etwas auf morgen verschoben, wenn er es heute erledigen konnte. Beim Zusammenarbeiten mit ihm konnte jeder eine Menge lernen. Man hörte oft das Urteil, daß das Zusammenarbeiten mit ihm durch eine gewisse Starrköpfigkeit erschwert worden sei. Natürlich kann man nicht von einer Eiche verlangen, daß sie sich wie eine Weide biegt. Aber in vielen Fällen war der Vorwurf der Starrköpfigkeit durchaus nicht berechtigt. Wenn es sich um irgendeine Frage handelte, so hat er immer die Männer, von denen er annahm, daß sie etwas davon verstanden, herangezogen und war jederzeit bereit, seine Auffassung zugunsten der fremden aufzugeben, wenn er den Eindruck hatte, daß der andere mehr davon verstand als er selbst. Er faßte erst dann einen Entschluß, wenn er nach vorhergegangener Beratung mit anderen

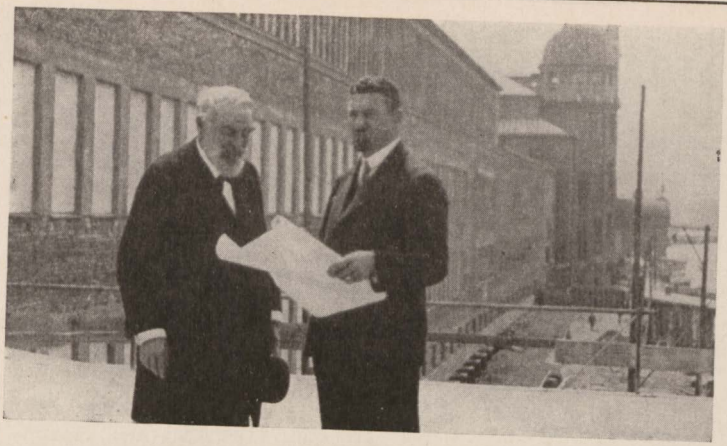


Abb. 11. Oskar von Miller auf der Baustelle des Studienbaues mit Architekt Bäßler

Klarheit darüber gewonnen hatte, was das richtige war. Wenn dann allerdings ihm jemand in den Weg trat, der die ganze Frage vielleicht sehr viel weniger eingehend studiert hatte als er selbst, dachte er nicht daran, nachzugeben und der andere sprach nachher von seiner Starrköpfigkeit, einer Eigenschaft, die bekanntlich immer nur der Nebenmensch besitzt.

Von großer Bedeutung bei allem, was Oskar von Miller geleistet hat, war seine ungeheure Erfahrung. Man darf nicht vergessen, daß er schon seit seinem 26. Jahre, also in einem Alter, in dem die meisten nur eine untergeordnete Tätigkeit ausüben, Gelegenheit gehabt hatte, sich an verantwortungsvoller Stelle zu betätigen; ihm stand also im letzten Jahrzehnt eine Erfahrung von fast 50 Jahren zur Verfügung. Diese Erfahrung bezog sich nicht nur auf technische und organisatorische Fragen, sie bezog sich auch auf die Menschen. Er war bei den Ausstellungen, bei seiner Ingenieurtätigkeit, nachher beim Deutschen Museum mit maßgebenden Männern der Regierungen, der Wissenschaft, des Handels und der Industrie zusammengekommen. Seine vielen Reisen hatten ihn mit den hervorragendsten Männern anderer Länder in Verbindung gebracht. Sein Instinkt hat sich auch auf diesem Gebiet bewährt und ihm eine ganz überraschende und nicht für alle besonders schmeichelhafte Menschenkenntnis vermittelt. Wenn er Rat und Unterstützung brauchte, wußte er stets, an wen er sich zu wenden und wie er ihn anzufassen hatte. Diese Erfahrung auf

sachlichem und persönlichem Gebiet war eine der Hauptstärken Oskar von Millers. Erfahrung läßt sich eben durch nichts anderes ersetzen.

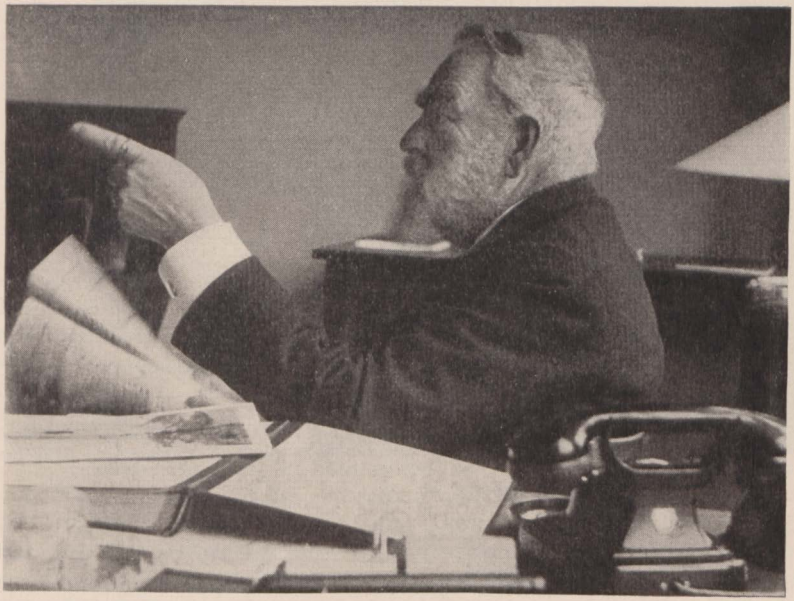
Einer der hervorragendsten Züge im Charakter Oskar von Millers war das Fehlen jeder Voreingenommenheit und jeder Engherzigkeit. Schon die Beschäftigung mit den Naturwissenschaften und der Technik bewahrt ja davor, die Verdienste anderer Völker gering zu schätzen. Bei Oskar von Miller kam aber hinzu, daß er durch seine vielen Reisen in persönliche Berührung mit Kollegen anderer Länder gekommen war und ihre Ansichten kennengelernt hatte. Er betrachtete Reisen in andere Länder als einen unbedingt notwendigen Teil der Ausbildung eines Mannes. Als Baupraktikant in Dinkelsbühl hat er sich aus seinem sicherlich nicht gerade fürstlichen Gehalt eine Reise nach England zusammengespart. Später führten ihn seine Reisen nach Frankreich, Italien, in die Vereinigten Staaten; mit 71 Jahren unternahm er noch eine Weltreise, mit 75 Jahren eine Studienreise nach Rußland, als Ehrenpräsident der Weltwirtschaftskonferenz kam er nach Japan und in die skandinavischen Länder. So hat er manche Dinge von einer höheren Warte aus angesehen, als andere, die aus ihrem Beruf und ihrer engen Umgebung nie herausgekommen sind. Aber noch in anderer Beziehung fehlte es ihm an jeder Art von Engherzigkeit. Er war ein guter Bayer, stolz auf seine bayerische Heimat, aber gleichzeitig weit entfernt von allem, was an Partikularismus erinnerte. Seine großen Pläne zur Vereinheitlichung der Elektrizitätsversorgung im ganzen Reich zeigen deutlich genug, wie er dachte. Bayern war seine Heimat, ganz Deutschland sein Vaterland. Seine jeder Engherzigkeit ferne Gesinnung zeigt sich auch noch in ganz anderer Richtung. Oskar von Miller entstammte einer streng katholischen Familie. Er selbst war ein gläubiger frommer Katholik, dem die Religion Herzenssache war. Wer es miterlebt hat, wie er es trug, als sein Augenlicht allmählich abnahm und er nicht mehr lesen und schreiben konnte, der ist überzeugt, daß seine tief religiöse Gesinnung eine wesentliche Rolle dabei spielte. Trotzdem fehlte ihm jede engherzige konfessionelle Einstellung: die Gattin, die er sich wählte und die ihm sein Leben lang eine treue Gefährtin war, gehörte der evangelischen Kirche an.

Fern von jeder Engherzigkeit war auch sein Verhältnis zu anderen Berufen, insbesondere auch zu den Arbeitern. Irgendein Gefühl, das einem Klassendünkel ähnlich war, hat er nie gekannt. Er hat immer und immer wieder betont, daß es eine der wichtigsten Aufgaben des Deutschen Museums sein müsse, dem Arbeiter die Errungenschaften der Technik vorzuführen und ihm zu zeigen, an welch großer Aufgabe er mitarbeite. Bei seinen Bestrebungen, der Elektrizitätsversorgung eine möglichst große Rolle im menschlichen Leben und im Haushalt einzuräumen, kam es ihm immer besonders darauf an, die Benutzung der elektrischen Energie gerade den Arbeiterfamilien zugänglich zu

machen. Er hat das nicht nur durch Reden, sondern durch die Tat bewiesen. In den unter seiner Leitung stehenden Werken Schweinfurt und Schwandorf führte er einen möglichst einfachen und niedrigen Tarif (8 Pfg. für die Kilowattstunde) ein, der den Arbeiterfamilien dieser Städte den Gebrauch der elektrischen Energie im Haushalt ermöglichen sollte. Er bezog die dafür nötigen elektrischen Herde und Heißwasserspeicher im großen und stellte sie den Abnehmern zu äußerst geringen Preisen zur Verfügung.

Auch im Zusammenhang mit dem Deutschen Museum hat er seine soziale Denkweise durch die Tat gezeigt. Schon bald nach der Entstehung des Museums errichtete er einen Unterstützungsfonds, aus dem den Angestellten in allen Notfällen, wie bei Erkrankungen, Todesfällen in der Familie und ähnlichem, Unterstützungen gewährt werden. Der Unterstützungsfonds, der sich als ein großer Segen für die Angestellten des Deutschen Museums erwiesen hat, verfügt heute über ein Kapital von RM 140 000. Während des Krieges war Herr von Miller besonders um die Familien der zum Heere eingezogenen Angestellten besorgt. Er zahlte nicht nur jedem eingerückten Angestellten seinen halben Gehalt während des Krieges weiter, sondern spendete für die Krieger und deren Familien reichlich Liebesgaben. Ganz besonderes Interesse zeigte Herr von Miller für die Weiterbildung seiner Angestellten, insbesondere durch Studienreisen. Zu diesem Zweck verwandte er die von einem gütigen Gönner und Freund des Museums zur Verfügung gestellte Summe von RM 30 000 zur Errichtung einer „Reisestiftung für Museumsangestellte". Sie ermöglicht es Angestellten des Museums Studienreisen zu unternehmen, um andere wichtige Museen und Bibliotheken im In- und Ausland ebenso bedeutende Industrieanlagen und ähnliches kennenzulernen und dadurch den Blick zu weiten. Sehr früh hat Herr von Miller eine Reisestiftung errichtet, die den Zweck hat, besonders tüchtigen minderbemittelten jungen Menschen in ganz Deutschland die Reise nach München zum mehrtägigen Studium des Deutschen Museums zu ermöglichen. Zahlreiche Freunde und Gönner gaben damals Stipendien, so daß die Stiftung bald das ansehnliche Vermögen von ungefähr RM 400 000 besaß. Auch jetzt noch können alljährlich etwa 300 Stipendiaten auf Grund dieser Stiftung nach München zum Besuch des Deutschen Museums geschickt werden. Diese segensreiche Einrichtung hat der Deutschen Reichsregierung bei der Eröffnung des Museumsbaues im Jahre 1925 die Anregung gegeben, Herrn von Miller zu Ehren eine Oskar Miller-Stiftung mit einem Kapital von RM 100 000 zu errichten. Aus den Zinsen dieser Stiftung können alljährlich eine Anzahl strebsamer Schüler, Techniker und Arbeiter zum 5tägigen Museumsbesuch nach München kommen und es können Studierende und junge Ingenieure oder Naturwissenschaftler Studienreisen im In- und Ausland ausführen.

Vor kurzem sind Exzellenz von Miller RM 5000 von einem besonderen Gönner und Freund des Museums zur Verfügung gestellt worden. Er hat bestimmt, daß von den Erträgnissen dieser Stiftung von Zeit zu Zeit alle Angehörigen des Museums, vom Vorstand bis zum jüngsten Arbeiter zu einer kleinen gemütlichen Feier vereinigt und damit das Gemeinschaftsgefühl unter den Angestellten des Museums gefördert



(Photo: Knorr & Hirth, München)

Abb. 12. Oskar von Miller an seinem Arbeitsplatz im Deutschen Museum

werden sollte. Die letzte Zusammenkunft dieser Art vor ungefähr einem Jahr wird sicher allen Angehörigen des Museums in dauernder Erinnerung bleiben.

Herr von Miller hat es ebenso verstanden, mit den hervorragendsten Männern aller Länder, mit Königen und mit dem Kaiser zu verkehren, wie mit dem jüngsten Arbeiter und Angestellten. Er war wie schon sein Vater, der berühmte Erzgießer Ferdinand von Miller, zugleich Aristokrat und Sozialist im besten Sinne.

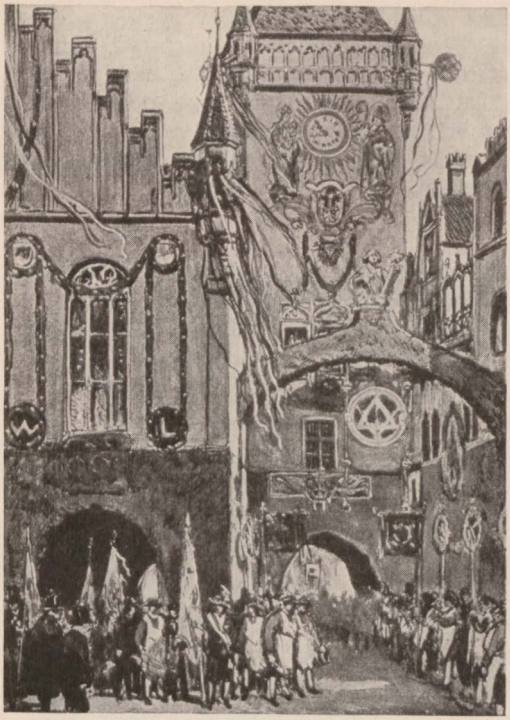


Abb. 13. München im Festschmuck anläßlich der Grundsteinlegung des Deutschen Museums am 13. November 1906

(Nach einem Gemälde von Professor Stockmann, Dachau b. München)

Daß Herr von Miller nicht nur ein Mann der härtesten Arbeit war, sondern daß er es auch verstand, Feste zu veranstalten und zu feiern wie kaum ein anderer, weiß jeder, der schon längere Zeit in irgendwelcher Eigenschaft dem Deutschen Museum angehört. Die Feste und Festzüge bei der Grundsteinlegung des Deutschen Museums im Jahre 1906 und bei der Eröffnung des Museumsbaues im Jahre 1925 waren Feste nicht nur der geladenen Gäste, sondern Feste der ganzen Stadt, die noch heute in der Erinnerung ihrer Bewohner lebendig sind. Wochen und Monate lang vorher haben ihn diese Feste beschäftigt und wenn dann rings um ihn überall fröhliche Gesichter waren, dann strahlte auch er. Daß er auch selbst bei solchen Gelegenheiten gefeiert wurde, darüber hat er sich herzlich gefreut, wenn er es auch nicht zugab. Feiern und gefeiert werden waren für ihn Höhepunkte des Lebens. Ganz besonders gefreut haben wir uns, daß er sich noch im letzten Jahr entschlossen hat, an der Weltkraftkonferenz in Dänemark, Schweden und teilweise auch Norwegen teilzunehmen. Er wurde

Abb. 14. Herr von Miller besichtigt den Bauplatz des Technischen Museums in Stockholm, anläßlich der Weltkraftkonferenz im Juli 1933

dort in ungewöhnlicher Weise gefeiert, war Gast der betreffenden Regierungen vom Betreten des Landes an, ein Zeichen, wie hoch sein Ansehen auch in anderen Ländern war. Es war die letzte große Freude, die er erlebt hat.

Zum Bild Oskar von Millers gehört noch etwas, was äußerlich mit dem Besprochenen kaum in irgendwelchem Zusammenhang steht, sein ausgesprochener Familiensinn. Nur wenige Tage vor seinem Tode waren wir bei ihm in seinem Hause. Er zeigte uns mit Stolz und Freude die Erinnerungsstücke aus seinem Leben, aus dem Leben seiner Eltern und Großeltern und der Familie seiner Gattin. Er hatte diese Familiensammlung in geschmackvoller Weise aufgestellt in einem Wandschrank, der von innen beleuchtet werden kann. Mit großer Anhänglichkeit und Dankbarkeit erzählte er von seinen Eltern und Großeltern. Das Haus, das er sich am Ferdinand-Miller-Platz bauen ließ, ist ein Familienhaus, in dem nicht nur er selbst, sondern auch seine Söhne und Tochter mit ihren Familien wohnen und in dem auch sein Büro untergebracht ist. Es herrschte dort noch ein patriarchalisches Verhältnis, wie es heute recht selten geworden ist. Oskar von Miller hat in diesem Hause an der Seite seiner verständnisvollen und liebenswürdigen Gattin, die jeder verehrte, der sie kannte, glückliche Zeiten verlebt. Es hat den starken Mann bis ins Mark getroffen, als sie ihm vor nicht viel mehr als einem halben Jahr durch einen Unfall entrissen wurde.

Abb. 15. Das Haus Oskar von Miller's in München, Ferdinand-Miller-Platz 3

Mit Oskar von Miller ist ein Mann von uns gegangen, der zu den hervorragendsten gehört, die unser Land je hervorgebracht hat, ein Mann, der unserem Vaterland unendliche Dienste geleistet und der den Namen deutscher Technik und Wissenschaft in alle Länder der Erde getragen hat. Es gibt nur einen Weg, ihm unsere Dankbarkeit über das Grab hinaus zu beweisen, den, sein Werk in seinem Sinne fortzusetzen.

Neuzeitliche Lichterzeugung mittels Gasentladungslampen

Von *E. Lax*, Berlin [1])

A. Allgemeines über das Licht

1. Licht als Wellenbewegung

Wenn eine Wasserfläche in Bewegung gerät und die einzelnen Wasserteilchen auf und ab schwingen, so entstehen Wellenberge und Wellentäler, die auf der Wasserfläche sich fortzubewegen scheinen. Kennzeichnend für die Bewegung ist 1. die Entfernung zwischen zwei Wellenbergen oder allgemein zwischen zwei benachbarten Orten gleichen Schwingungszustandes, die sogenannte Wellenlänge und 2. die Höhe der Wellenberge, die ein Maß für die Intensität des Schwingungszustandes ist; beide Größen hängen von der auf die Wasserfläche wirkenden Kraft und von der Ausdehnung der Wasserfläche ab.

Wenn wir mit Hilfe eines Rundfunksenders elektromagnetische Strahlung aussenden, dann schaffen wir im Äther einen Zustand, der sich durch Angabe einer Wellenlänge, das ist, wie bei dem Beispiel der Wasserbewegung auseinandergesetzt, der Abstand zwischen zwei benachbarten gleichen Zuständen, kennzeichnen läßt, und deshalb als Schwingungszustand anzusprechen ist.

Die elektromagnetische Strahlung kann mit einer Antenne aufgefangen werden. Man erhält im Empfänger elektrische Energie, die man nach Verstärkung dazu benutzen kann, die Membran eines Lautsprechers in Schwingungen zu versetzen und Schall zu erzeugen. Die einzelnen Sender senden mit verschiedener Wellenlänge. Von der Bemessung des Senders hängt die Wellenlänge der Strahlung ab. Der Empfänger gibt die Nachrichten des gewünschten Senders wieder,

[1]) Die Verfasserin beschäftigte sich in den letzten 15 Jahren mit der Bearbeitung der verschiedensten lichttechnischen Probleme, vor allem aus dem Gebiet der Strahlungsphysik. Sie ist auch literarisch durch eine größere Anzahl von wissenschaftlichen Arbeiten in Fachzeitschriften und durch ihre Mitarbeit an wissenschaftlichen Lehr- und Handbüchern hervorgetreten. Als Mitarbeiterin von Prof. *Pirani* hat sie an den bei der Entwicklung der Gasentladungslampen auftretenden Fragestellungen tätigen Anteil genommen.

wenn wir ihn auf dessen Wellenlänge abgestimmt haben. Der Berliner Sender sendet z. B. eine Strahlung aus, die eine Wellenlänge von 357 m hat.

Wir können mit unseren technischen Sendern nur einen kleinen Teil des Gesamtgebietes der elektromagnetischen Strahlung bestreichen, und zwar ist dies das Gebiet von etwa 1 cm bis 100 km. Bekannt sind uns aber, wie Abb. 1 zeigt, elektromagnetische Strahlungen bis herab zu Wellenlängen, die etwa ein milliardstel Zentimeter groß sind.

Um Strahlung derart kurzer Wellenlängen zu erzeugen, müssen wir ganz kleine schwingungsfähige Gebilde, die von der Natur vor-

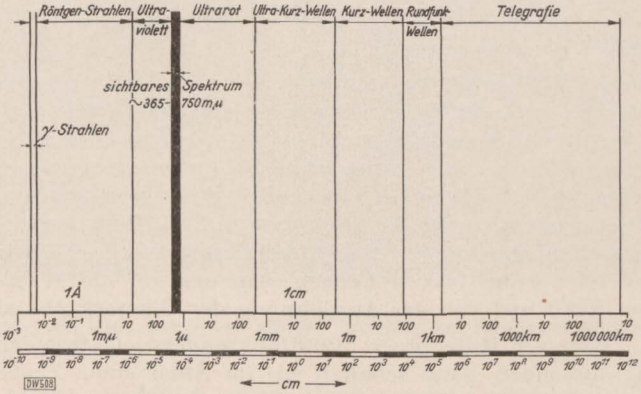


Abb. 1. Benennung und Anwendungsgebiete der elektromagnetischen Strahlung in den einzelnen Wellenlängengebieten

gegeben sind, wie Atome und Atomverbände, in geeigneter Weise anregen. Für die Strahlung dieser Gebilde sind Empfänger gleichfalls von der Natur gegeben. Allerdings haben diese Empfänger meist nur einen beschränkten Empfindlichkeitsbereich.

2. Die Lichtempfindung des Auges

Ein solcher Empfänger ist z. B. unser Auge. Wird die Netzhaut von elektromagnetischer Strahlung der Wellenlängen von 4 bis 7 hunderttausendstel cm [2]) getroffen, die man in diesem Wellenlängenbereich „Licht" nennt, so haben wir eine Helligkeitsempfindung, wahrschein-

[2]) Zur Vermeidung der Bruchangaben benutzt man für die Angabe solch kleiner Wellenlängen eine andere Maßeinheit, und zwar ein hundertmillionstel cm; diese wird 1 Ångström (Å) genannt.

lich als Folge einer durch die Strahlung ausgelösten photochemischen Reaktion. Ein anderer Empfänger für Lichtstrahlung ist z. B. die photographische Platte, bei der die durch die photochemische Reaktion bewirkte Veränderung der lichtempfindlichen Substanz durch die Entwicklung sichtbar gemacht werden kann. Im Bereich der sichtbaren Schwingungen empfindet das Auge beim Empfang energetisch gleicher Strahlungsmengen verschiedener Wellenlänge nicht einen gleich starken Lichteindruck. Außerdem ist die von der Strahlung der einzelnen Wellenlängen hervorgerufene Farbempfindung verschieden. Durch die Strahlung der kurzen Wellenlängen wird eine Farbempfindung, die wir blau nennen, hervorgerufen, mit wachsender Wellen-

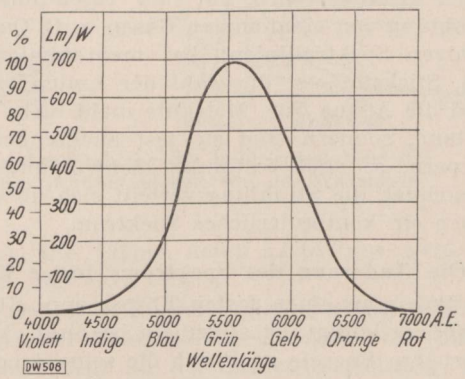


Abb. 2. Relative Werte der Augenempfindlichkeit und photometrisches Strahlungsäquivalent in Abhängigkeit von der Wellenlänge

länge werden dann die Farbeindrücke grün, gelb und rot. Abb. 2 zeigt die Augenempfindlichkeitskurve, zugleich mit Angabe der durch die einzelnen Wellenlängen hervorgerufenen Farbeindrücke.

Der Eindruck eines weißen Lichtes wird z. B. durch Strahlung, die alle Wellenlängen enthält, in der Zusammensetzung, wie sie von der Sonne kommt, hervorgerufen. Daß dieses Sonnenlicht aus „farbigem Licht" zusammengesetzt ist, das hat jeder bei der Zerlegung, die beim Durchgang durch Wassertröpfchen stattfindet und im Regenbogen sichtbar wird, schon gesehen.

3. Das Spektrum der Lichtquellen

Die Wirkungsweise der Lichtquellen beruht auf der oben erwähnten Anregung von Atomschwingungen. Als Lichtquellen sind allgemein bekannt: 1. hocherhitzte feste Körper, wie die Sonne und die Glühdrähte unserer Glühlampen und 2. leuchtende Gase wie das Nordlicht,

der Blitz, Flammen und die in den Großstädten für Werbezwecke verwendeten Gasentladungsröhren.

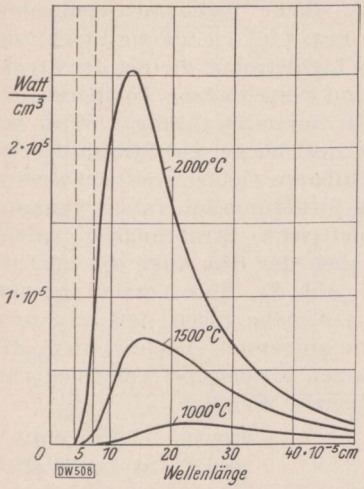
Untersuchen wir die Zusammensetzung der Strahlung der Lichtquellen, so können wir sie zwischen zwei Grenzfällen einordnen: in dem einen Fall ist nur Strahlung bei wenigen ganz bestimmten Wellenlängen vorhanden, bei dem zweiten eine sich über ein weites Wellenlängengebiet gleichmäßig erstreckende Strahlung. Im ersten Fall, der bei der Strahlung der Gasentladungsröhren vorliegt, sagen wir: die Lichtquelle hat ein Linienspektrum; im zweiten Fall, der bei der Glühlampenstrahlung vorliegt: ein kontinuierliches Spektrum. Linienspektren werden von in geeigneter Weise angeregten Atomen in gasförmigem Zustand ausgesandt. Jedes Gas sendet, wie später noch näher erläutert wird, ein ihm eigentümliches Spektrum aus. Die Strahlung von einatomigen Gasen, z. B. Quecksilberdampf, besteht aus wenigen Spektrallinien; bei mehratomigen gasförmigen Molekülen, z. B. Stickstoff, ist die Zahl der Linien bzw. Banden bereits größer. Sind die Atome bzw. Moleküle nicht mehr frei beweglich wie im Gaszustand, sondern sind sie fest aneinander gebunden wie bei festen Körpern, so sind bestimmte Schwingungszustände nicht mehr ausgezeichnet, die Strahlung verteilt sich über einen weiten Bereich, wir haben ein kontinuierliches Spektrum.

4. Die Änderung des Spektrums fester Körper mit der Temperatur

Wie man einen festen Körper zum Glühen, d. h. also zur Lichtstrahlung anregt, ist allgemein bekannt. Man erwärmt ihn, d. h. man führt ihm Energie zu, durch die seine Atome zu Wärmeschwingungen veranlaßt werden. Erhitzen wir den festen Körper stärker, so werden die Atome in stärkere Schwingungen versetzt, die Strahlungsstärke nimmt zu, gleichzeitig wird ein Teil der Schwingungen schneller, der Wellenlängenbereich, über den sich das Spektrum erstreckt, wird nach der kurzwelligen Seite zu größer[3]). Das Spektrum der meisten festen Körper ist bei gleich hoher Temperatur annähernd gleich. Die Veränderung des Spektrums mit der Temperatur läßt sich leicht zeigen, sie bewirkt eine Farbänderung des Lichtes.

Schließen wir z. B. eine Glühlampe über einen veränderbaren Widerstand an das Lichtnetz an, so leuchtet zuerst bei kleiner Stromstärke der Glühkörper rot (Temperatur etwa 700°C), erhöht man die Stromstärke, dann wächst die Temperatur z. B. auf etwa 1500°C, der kurzwellige grüne und blaue Teil der Strahlung nimmt zu, infolgedessen wird der Farbeindruck geändert, der Glühfaden erscheint gelblich. Bei etwa 2200°C ist das Licht gelbweiß, infolge der weiteren Zunahme

[3]) Wellenlänge λ und Schwingungszahl ν sind durch die Gleichung $\lambda \cdot \nu = c$ verknüpft, c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit hat für die elektromagnetische Strahlung den Wert von 300 000 km/s.



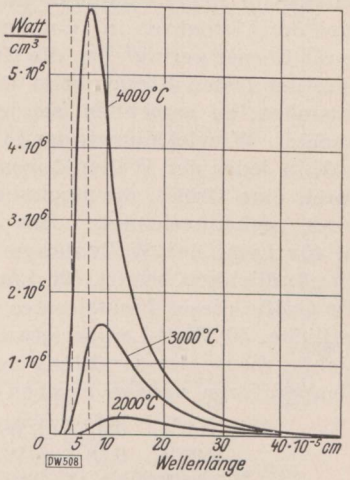


Abb. 3 und 4. Verteilung der Strahlung des Hohlraumstrahlers bei verschiedenen Temperaturen in Abhängigkeit von der Wellenlänge

der kurzwelligen Strahlung. Die Sonne, deren Licht uns weiß erscheint, hat eine Temperatur von etwa 5700°C.

Wie groß die Strahlung der festen Körper in den einzelnen Wellenlängenbereichen bei vorgegebener Temperatur ist, kann nur durch Messungen festgestellt werden. Nur für die Hohlraumstrahlung, wie sie z. B. aus einem kleinen Loch in einer überall gleichmäßig erhitzten Hohlkugel austritt, lassen sich die Strahlungswerte aus theoretisch begründeten Strahlungsgesetzen errechnen. Für diese Strahlung gibt Abb. 3 die Intensität in Abhängigkeit von der Wellenlänge für die Temperaturen von 1000°, 1500° und 2000°C wieder, Abb. 4 die für Temperaturen von 2000° bis 4000°C. In diesen Abbildungen ist das sichtbare Gebiet markiert. Der Anteil der Strahlung, der auf das sichtbare Gebiet entfällt, steigt mit wachsender Temperatur, bei etwa 6200° erreicht er mit 40 vH ein Maximum, bei 3000° beträgt er 10 vH. Nicht ganz gleich, aber nicht sehr viel verschieden liegen die Verhältnisse bei einigen Körpern, wie z. B. Kohlen, die zum Leuchten gebracht werden.

5. Lichtausbeute von Glühlampen

Die Strahlungserzeugung durch Erwärmung von festen Körpern kann fast verlustlos gestaltet werden, d. h. fast alle aufgewandte Leistung wird als Strahlung abgegeben. Die Lichtausbeute, d. h. der je Watt Leistungsaufnahme ausgesandte Lichtstrom (so wird das im

Raum von der Lichtquelle ausgesandte Licht bezeichnet, gemessen wird der Lichtstrom in „Lumen", abgekürzt: Lm) ist für die Strahlung fester Körper gering. Um die Größe der Lichtströme, die bei der Strahlung der festen Körper beim Erhitzen auf verschiedene Temperaturen entstehen, zu berechnen, sei jeweils die Gesamtstrahlung 1 Watt betrachtet. Wieviel Lumen der Lichtstrom hat, der bei der Strahlung von 1 W in jeder der Wellenlängen des sichtbaren Gebietes entsteht, wird durch eine Größe, die photometrisches Strahlungsäquivalent genannt wird, gekennzeichnet. Das photometrische Strahlungsäquivalent ist für Licht der Wellenlänge 5550 Å, bei der das Auge die höchste Empfindlichkeit besitzt, 690 Lm/W (vgl. Abb. 2). Eine Vorstellung von der Größe dieses Lichtstromes möge die Angabe geben, daß eine neuzeitliche 50 Watt-Lampe etwa 550 Lm aussendet. Rechnet man die Lichtausbeute der Strahlung des schwarzen Körpers bei verschiedenen Temperaturen aus, so ergeben sich folgende Werte:

bei 1000°C	0,01 Lm/Watt,	2500°C	15 Lm/Watt,
1500°C	0,58 Lm/Watt,	3000°C	31 Lm/Watt,
2000°C	4,5 Lm/Watt,	6200°C	96 Lm/Watt.

Für die Strahlung fester Körper hat die Lichtausbeute annähernd gleiche Werte. Da man feste Körper infolge der Werkstoffeigenschaften nicht längere Zeit auf Temperaturen über 2700°C erhitzen kann, ist die Lichtausbeute unserer Lichtquellen mit Glühkörpern maximal 28 Lm/Watt, eine Zahl, die im Vergleich zu dem Höchstwert des photometrischen Strahlungsäquivalents sehr klein ist.

6. Linienspektren der Gase

Um höhere Lichtausbeuten zu erhalten, müssen andere Möglichkeiten zur Erzeugung sichtbarer Strahlung benutzt werden. Die Atome strahlen im Gaszustand, wenn man sie in geeigneter Weise anregt, nur in wenigen Wellenlängen, die für jede Atomart charakteristisch sind. Eine Übersicht über die Spektren von Gasen und Metalldämpfen gibt Abb. 5. Durch Änderung der äußeren Bedingungen, z. B. Vergrößerung der Stromstärke oder des Gasdruckes in einer Gasentladungsröhre, kann man das Intensitätsverhältnis der Linien etwas beeinflussen. Nur bei außergewöhnlichen Verhältnissen, wenn infolge großer Stromdichte oder großer Gasdrucke die Strahlung der einzelnen Atome gestört ist, ändert sich das Spektrum in größerem Ausmaß. Setzt man voraus, daß die Verluste, die bei der Anregung der Atome entstehen, bei allen Gasen gleich groß sind, dann wird die Lichtausbeute der angeregten Gase im wesentlichen von der Sichtbarkeit der stärksten Linien, d. h. dem photometrischen Strahlungsäquivalent dieser Linien, abhängen. Nimmt man ein Gas, dessen stärkste Linie in einem Gebiete, in dem das Auge äußerst empfindlich ist, liegt, also

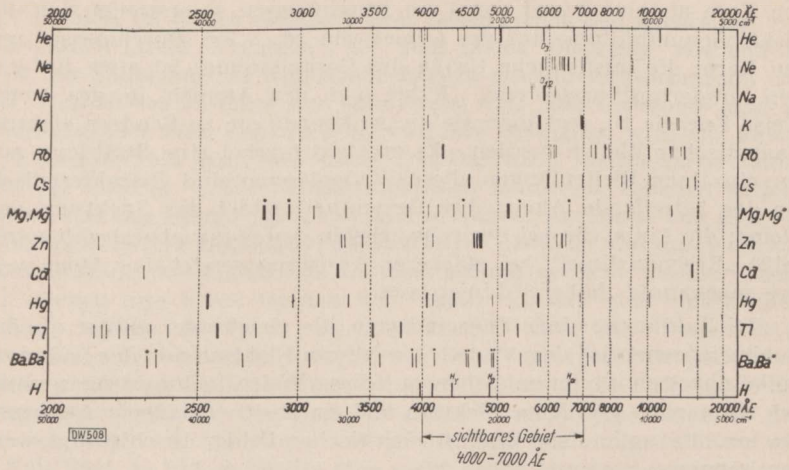


Abb. 5. Die Emissionslinien einiger Atome bei Anregung in der Gasentladung bei kleinen Stromdichten und kleinen Gasdrucken. Die mit hoher Intensität auftretenden Linien sind durch einen dickeren Strich hervorgehoben. Ein Punkt bezeichnet die Linien, die von einem Atom, das ein Elektron abgegeben hat (einmal ionisiert ist) ausgesandt wurden

ein hohes photometrisches Strahlungsäquivalent vorhanden ist, so kann man eine sehr hohe Lichtausbeute erwarten. Das gelbe Leuchten des Natriumdampfes, wie wir es in einer Kochsalzflamme sehen, ist eine Strahlung bei rd. 5890 Å, also bei einer Wellenlänge, die ein hohes photometrisches Strahlungsäquivalent hat. Man kann nun in Entladungsröhren mit Natriumdampf die Anregungsbedingungen so herstellen, daß in bestimmten Teilen der Gasentladung 90 vH aller Strahlungsenergie auf die gelben Linien (etwa 5890 Å) entfällt.

B. Theorie der Gasentladung

7. Der innere Bau des Atomes

Um eine Beantwortung der Frage zu geben, wieweit es möglich ist, bei Gasen den Anregungsvorgang und den Abstrahlungsvorgang selbst verlustlos zu gestalten, soll im folgenden kurz der Bau eines Atomes beschrieben werden.

Ein Atom besteht aus einem elektrisch positiv geladenen Kern. Um ihn herum schweben negative Elementarladungen, die sogenannten „äußeren" Elektronen. Das ganze Atom ist nach außen hin ungeladen. Die räumliche Ausdehnung des Kernes und die der Elektronenumhüllung sind von sehr verschiedener Größe. Denkt man sich

den Kern als eine Kugel von 1 cm Durchmesser, so erstreckt sich die Elektronenumhüllung auf ein Gebiet von rd. 1 km Durchmesser um den Kern; die tatsächliche Größe des Gesamtatomes ist etwa 10^{-8} cm (ein hundertmillionstel cm). Führt man den Atomen in geeigneter Weise Energie zu, regt man sie an, so können sie zu Sendern elektromagnetischer Wellen werden. Es entsteht hierbei eine Strahlung auf nur einzelnen Wellenlängen, diese Wellenlängen sind charakteristisch für das betreffende Atom; ihre Gesamtheit bildet das Spektrum des Atoms; die Linie, die bei der schwächsten Anregung abgestrahlt wird, heißt „Resonanzlinie"; bei stärkerer Anregung sendet das Atom weitere sogenannte „höhere" Linien aus.

Bei Zuführung einer Energiemenge, die gleich oder größer als die „Ionisationsenergie" des Atoms ist, wird ein Elektron aus der Ladungswolke abgetrennt. Es entstehen auf diese Weise Ladungsträger, nämlich ein negativ geladenes Elektron und ein positiv geladener Atomrest, ein Ion, die unter dem Einfluß elektrischer Felder beschleunigt werden können.

8. Anregung der Atome in der Gasentladung

Von den Möglichkeiten einer Energiezufuhr zum Atom, welche eine Anregung desselben herbeiführt, interessiert technisch am meisten die in Gasentladungen vorliegende durch Stoß eines schnellen Elektrons. Unter Gasentladungen versteht man Vorgänge, bei denen — an sich nicht leitende — Gase oder Dämpfe elektrisch leitend werden durch Bildung von Ladungsträgern unter der Einwirkung elektrischer Felder. Hierbei tritt durch Anregung von Atomen bei Zusammenstößen mit Elektronen eine Lichtemission auf.

Die bekannten Gasentladungsröhren, die für Reklamebeleuchtung benutzt werden, enthalten meist ein Gas von wenigen tausendstel Atmosphären Druck. Leuchtende Gasentladungen können aber auch bei hohen Drucken stattfinden, ein Beispiel dafür ist der Blitz.

Als Gefäß für die Gasentladungslampen werden meist Glasrohre verwandt, in die zwei Leiter, die sog. Elektroden, eingeschmolzen sind (vgl. Abb. 7). Zwischen den Elektroden wird durch Anlegen einer Spannungsdifferenz ein elektrisches Feld erzeugt. Man nennt die Elektrode, an die man den negativen Pol legt, Kathode, die, an der der positive Pol liegt, Anode.

In dem Entladungsrohr wie in jedem gasgefüllten Raum bewegen sich die einzelnen Moleküle ständig hin und her, dabei prallen sie fortwährend aufeinander auf. Die mittlere Geschwindigkeit der Moleküle ist von ihrer Masse und der Temperatur abhängig, leichte Moleküle bewegen sich schnell, schwere langsam (die Geschwindigkeit ist umgekehrt der Wurzel aus der Masse proportional). Die Strecke, die

ein Molekül im Mittel zwischen zwei Zusammenstößen zurücklegt, die sogenannte „freie Weglänge", ist vom Druck abhängig. Sie beträgt z. B. für Sauerstoff bei Atmosphärendruck ein hunderttausendstel cm, bei $^1/_{1000}$ dieses Druckes ein hundertstel cm. Die Gasatome sind in überwiegender Zahl elektrisch neutral, ihre Bewegung wird von einem elektrischen Feld nicht beeinflußt. Das Gas wirkt für schwache Felder wie ein Isolator. Außer diesen elektrisch neutralen Teilchen enthält jedoch das Gas ständig noch eine kleine Anzahl von Ionen und Elektronen, die durch die radioaktiven Strahlungen der Erde und durch die aus dem Weltenraum stammende Höhenstrahlung gebildet werden. Diese Elektronen und Ionen werden sich unter Einfluß des elektrischen Feldes anders bewegen. Es lagert sich über die ungerichtete thermische Bewegung eine durch das Feld hervorgerufene gerichtete, die bewirkt, daß die Elektronen nach der positiven, die Ionen nach der negativen Elektrode wandern. Durchläuft z. B. ein Elektron auf diesem Wege eine Strecke, zwischen der eine Spannungsdifferenz von 1 Volt liegt, so hat es bereits eine recht große Bewegungsenergie aufgenommen. Sie entspricht derjenigen, die es als mittlere Geschwindigkeit bei einer Temperatur von 7500° C besitzen würde. Auf ihrem Wege zu den Elektroden werden die geladenen Teilchen dauernd mit neutralen Atomen zusammenstoßen. Solange die Geschwindigkeit der Elektronen noch nicht zur Anregung ausreicht, ist der Stoß zwischen Atom und Elektron „elastisch". Bei diesem findet nur ein Austausch von Bewegungsenergie nach den Gesetzen der Mechanik statt, d. h. die Elektronen geben wegen der relativ großen Masse der Moleküle (etwa das 2000 fache der Masse des Elektrons) nur einen sehr geringen Bruchteil ihrer Bewegungsenergie ab. Im Gegensatz zu den Elektronen verlieren die Ionen beim Stoß mit den Gasatomen im Mittel die Hälfte ihrer durch das Feld erhaltenen zusätzlichen Energie. Hat die Bewegungsenergie der Elektronen nun die zur Anregung der Atome benötigte Höhe erreicht, dann können die Elektronen das Atom anregen. Einen Stoß, bei dem das Elektron seine Energie an das Atom abgibt und es anregt oder ionisiert, nennt man einen „unelastischen" Stoß.

9. Charakteristik der Gasentladung

Die beständige Form der Gasentladung, wie wir sie an einer im Betrieb befindlichen Röhre beobachten, setzt nicht sofort mit Anlegung der Spannung ein, sie wird durch einen Vorgang — Zündung —, bei der die für die Leitung erforderlichen Bedingungen geschaffen werden, eingeleitet. Die Höhe der Spannung, bei der der Zündungsvorgang eingeleitet wird, ist wesentlich vom Füllgas, vom Druck und den Elektroden abhängig. Im allgemeinen ist diese Zündspannung bei Drucken von einigen tausendstel Atmosphären Druck am niedrigsten, bei

Molekülgasen wie Stickstoff, Sauerstoff höher als bei Metalldämpfen und am kleinsten bei Edelgasen. Nach erfolgter Zündung ist der elektrische Widerstand in der Gasentladungsbahn sehr klein. Außerdem nimmt dieser Widerstand mit wachsender Stromdichte noch weiter ab. Abb. 6 zeigt eine Stromspannungscharakteristik, aus der man sieht, daß die Spannung bei Anwachsen der Stromstärke sinkt. Um daher bei Betrieb aus einer ergiebigen Stromquelle, etwa dem Lichtnetz, ein übermäßiges Anwachsen der Stromstärke zu verhindern, müssen alle Gasentladungen über einen Vorschaltwiderstand betrieben werden. Die Netzspannung E_0 verteilt sich dann auf den Spannungsabfall im

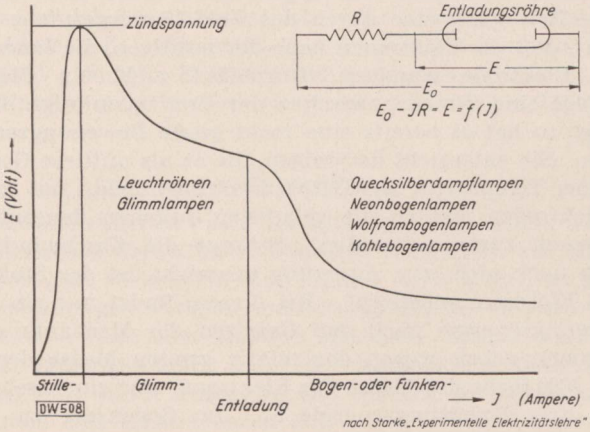


Abb. 6. Charakteristik einer Gasentladung bei Gleichstrom

Widerstand R und die Spannung an der Röhre E. Die Brennspannung der Entladung E ist erheblich kleiner als die Zündspannung; sie verteilt sich in der Entladung selbst auf drei voneinander unabhängige Teile, einen Spannungsabfall vor der Kathode, den Kathodenfall, einen Spannungsabfall vor der Anode, den Anodenfall, und den Spannungsabfall in der dazwischen liegenden Gasstrecke. Die Abb. 7 zeigt die Spannungsverteilung für eine Entladungsröhre.

10. Leistungsumsatz in der Entladung

Eine Gasentladungsröhre verbraucht eine Leistung, die gleich dem Produkt aus der Gesamtspannung und der Stromstärke ist. Umgesetzt wird diese Leistung 1. bei den Zusammenstößen der Elektronen mit den neutralen Gasatomen entweder in Anregungs- bzw. Ionisierungs-

energie bei unelastischen, d. h. anregenden Zusammenstößen oder in Wärmebewegung bei elastischen Zusammenstößen von Elektronen oder Ionen mit neutralen Atomen, 2. bei Aufprall und Neutralisation der Ionen und Elektronen an den Elektroden oder Wänden in Wärmeenergie — Erwärmung der Elektroden oder Wände. Die von den Atomen bei unelastischem Zusammenstoß aufgenommene Energie wird von den angeregten Atomen zum größten Teil abgestrahlt. Für die Rückbildung der Ionen zu neutralen Atomen durch Aufnahme eines Elektrons, die sogenannte Rekombination, sind die Bedingungen an den Gefäßwänden besonders günstig, die hier rekombinierenden Ionen

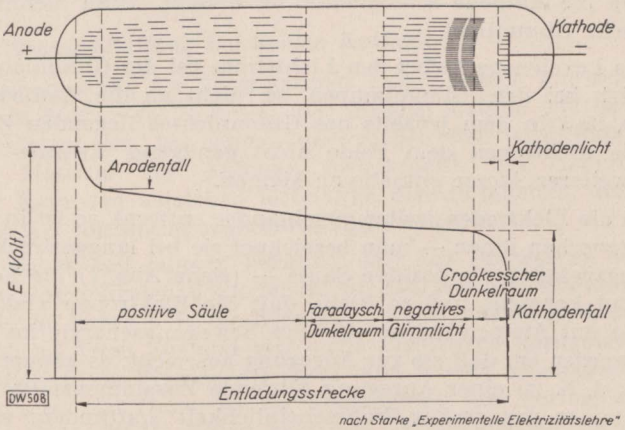


Abb. 7. Leuchterscheinungen in einer Gasentladungsröhre

geben die freiwerdende Energie an die Gefäßwand ab, diese erwärmt sich; rekombinieren die Ionen im Gasvolumen, dann erfolgt oft Abstrahlung der freiwerdenden Energie.

Im stabilen Zustand wird die aufgenommene Leistung von der Entladungsröhre also

1. als Strahlung der angeregten Gasatome und evtl. der Ionen bei der Rekombination,
2. von der Gefäßwand durch Wärmestrahlung und durch Wärmeleitung und Konvektion an die umgebende Luft,
3. von den Elektroden durch Wärmestrahlung und durch Wärmeleitung an die Zuführungsdrähte

abgegeben.

11. Feldstärkenverteilung und Leuchterscheinungen bei kalten Kathoden

In Gasentladungsröhren mit kalten Metallkathoden ist der Spannungsabfall an der Kathode, bezogen auf die Längeneinheit, vgl. Abb. 7, am größten. Hier werden deshalb die Ladungsträger die größte Beschleunigung erfahren. Der Aufprall der positiv geladenen Teilchen, der Ionen, auf die Kathode ist so stark, daß Elektronen, die in Metallen in großer Zahl vorhanden sind, losgeschlagen werden, wobei die Elektrode sich erwärmt. Die aus der Kathode austretenden Elektronen erhalten in dem hohen elektrischen Feld bereits nach Durchlaufen geringer Wegstrecken eine so große Geschwindigkeit, daß sie hier anregen können, es entsteht eine nicht sehr lichtstarke Leuchterscheinung, die die Kathode schichtenförmig umgibt. Man nennt sie das kathodische Glimmlicht.

Diese Leuchtzone liefert den Lichtstrom bei der Glimmlampe. Die Anode ist bei den Glimmlampen so dicht an die Kathode herangebracht, daß in dem jenseits des Glimmlichtes liegenden Zwischenraum die Elektronen dem Felde nicht genügend Energie zur Anregung weiterer Atome entnehmen können.

Sind die Elektroden weiter voneinander entfernt, so ist in der Gasstrecke zwischen ihnen — man bezeichnet sie bei langgestreckten Gasentladungsgefäßen als positive Säule — (siehe Abb. 7) die Feldstärke annähernd konstant und so klein, daß die Elektronen viele Zusammenstöße mit Atomen haben, ehe ihre Bewegungsenergie im Felde so groß geworden ist, daß sie zur Anregung ausreicht; es können deshalb günstige, d. h. zu einer Anregung führende Zusammenstöße mit neutralen Atomen mit großer Wahrscheinlichkeit stattfinden, wenn die Bewegungsenergie den Anregungswert für die Resonanzlinie erreicht. Es werden deshalb nur wenige schnellere Elektronen vorhanden sein. Da die Elektronen, bis sie die zur Anregung erforderliche Energie erreicht haben, nur wenig Energie (bei elastischen Stößen) verlieren, kann die Umsetzung der elektrischen Energie in Strahlungsenergie in diesem Teil der Gasentladungslampe bei geeigneten Verhältnissen fast verlustfrei vor sich gehen. Die positive Säule reicht bis dicht an die Anode heran. An dieser ist meist keine charakteristische Lichterscheinung zu sehen. Die Größe der Feldstärke (gemessen durch die Spannung in V/cm) in der positiven Säule hängt von der Weite des Rohres, von Art und Druck des Füllgases und außerdem von der Stromstärke ab. Bei Edelgasröhren von 2 cm Durchmesser und Gasdrucken von einigen tausendstel at und einer Stromstärke von 0,2 A beträgt sie etwa 3 bis 5 V/cm. Mit wachsender Stromstärke sinkt die Feldstärke in der positiven Säule. Hierdurch entsteht die in Abb. 7 gezeigte Charakteristik der Gasentladungslampen. Kathoden- und Anodenfall werden dagegen von den Gefäßabmessungen und innerhalb gewisser Grenzen

von der Stromstärke nur unwesentlich beeinflußt. Der Kathodenfall an kalten Metallelektroden beträgt etwa 100 bis 300 V, der Anodenfall 10 bis 50 V.

Steigert man die Stromstärke sehr wesentlich, so ändert sich die Entladungsform an der Kathode. Während zunächst mit wachsenden Stromstärken die Entladung an einem immer wachsenden Teil der Kathodenfläche ansetzt, bis die Glimmhaut die ganze Fläche bedeckt, wird bei einer gewissen Stromdichte die Ansatzfläche auf der Kathodenfläche wieder klein, zieht sich auf einen Punkt zusammen; man hat eine sogen. Bogenkathode vor sich. An der Ansatzstelle ist dann das Ionenbombardement so groß, daß lokale Erhitzung auftritt und dadurch die Elektronenauslösung erleichtert wird; der Kathodenfall sinkt.

12. Feldstärkenverteilung bei heißen Kathoden

Die Überlastung als Bogenkathode halten jedoch nur schwer verdampfende Stoffe wie Wolfram oder flüssige Metalle wie Quecksilber oder Amalgame aus, bei denen Vorsorge getroffen wird, daß das verdampfte Material zur Kathode zurückfließt. Bei Gebrauch von flüssigen Kathoden entstehen technische Schwierigkeiten, deshalb hat sich diese Art von Entladungsröhren nicht eingeführt.

Nun ist es seit langem bekannt, daß das Freiwerden von Elektronen aus verschiedenen Stoffen nicht den gleichen Energieaufwand erfordert. So haben z. B. die Erdalkalien, wie Bariumoxyd, die Eigenschaft, im erhitzten Zustand viel mehr Elektronen abzugeben als andere Stoffe. Diese Eigenschaft nutzt man in den sogenannten Oxydkathoden aus. An diesen ist der Kathodenfall sehr gering, er beträgt nur etwa 10 bis 20 V. Führt man den Oxydelektroden die zur Elektronenauslösung erforderliche Energie von außen zu, indem man sie durch Hindurchschicken eines elektrischen Stromes erhitzt (Heizkathoden), dann kann man den Kathodenfall noch weiter herabsetzen. Man erhält dann eine überall gleichmäßig Elektronen aussendende Kathode. Die Entladung setzt an der ganzen Oberfläche an.

13. Lichtausbeute der positiven Säule

Der für die Lichterzeugung in langgestreckten Entladungsröhren wesentliche Teil ist die positive Säule. Das Verhältnis der Energieaufnahme in diesem Teil zu der Gesamtenergieaufnahme ist demnach wichtig für die Lichtausbeute. Hat man wie bei den Reklameröhren eine dünne lange Röhre, so ist der Spannungsabfall in der langen positiven Säule groß. Die Leistungsaufnahme im Kathodenfall fällt selbst bei kalten Metallelektroden nicht mehr ins Gewicht. Die Gesamtspannung der Röhren ist groß, sie hängt von der Länge ab und beträgt je m Rohrlänge etwa 1000 V. Der Leistungsverlust, der durch den Kathoden-

fall bedingt ist, beträgt bei 1 m Rohrlänge etwa 15 bis 20 vH, bei längeren Röhren weniger. Der Netzanschluß einer solchen Röhre muß unter Zwischenschaltung eines Hochspannungsumspanners geschehen. Bei kurzen Röhren würde der Kathodenfall bei kalten Elektroden zu hohe Verluste bringen, man baut deshalb in sie Oxydelektroden ein. Die Gesamtspannung der Röhre ist dann so gering, daß die üblichen Netzspannungen für den Betrieb ausreichen.

Bei welchen Stromdichten und Gasdrucken in der positiven Säule die Lichtausbeute am günstigsten wird, hängt von den Strahlungseigenschaften des Gases ab.

Bei niedrigen Stromdichten werden bei Entladungsröhren mit niedrigem Gas- bzw. Dampfdruck fast nur die Resonanzlinien (siehe S. 8) angeregt. Bei Steigerung der Stromdichte werden angeregte Atome in immer wachsender Zahl von Elektronen getroffen, es werden dann „höhere" Linien angeregt, deren relative Intensität aber nicht die der Resonanzlinie erreicht. Eine Entladungslampe, bei der die Strahlung der Resonanzlinie hauptsächlich zur Lichterzeugung beiträgt, ist die Natriumlampe. Die Strahlung „höherer" Linien wird zur Lichterzeugung bei der Quecksilberdampflampe und der Neonlampe benutzt.

Verwendet man in den Entladungsröhren höhere Drucke (etwa 1 at), so verläuft der Anregungsvorgang so, daß die Resonanzlinie stark zurücktritt und andere „höhere" Linien herauskommen. Außerdem findet eine Verbreiterung der Linien statt; stellenweise treten Abschnitte von kontinuierlichen Spektren (Grenzkontinua) auf. Dies alles veranlaßt eine „Auffüllung" des Linienspektrums, das einem kontinuierlichen ähnlich wird. Höhere Drucke sind z. B. in den Quecksilber-Hochdrucklampen vorhanden.

14. Lichtfarbe

Aus Abb. 5 sieht man, daß bei Niederdruck-Entladungslampen einige Gase bzw. Dämpfe nur eine Linie oder eine Liniengruppe im sichtbaren Gebiet mit hoher Intensität aussenden; z. B. Na, Ne, Tl, Zn, Cd geben ein ausgesprochen farbiges Licht. Bei Hochdruck-Entladungslampen ist das Spektrum aufgefüllter, deshalb senden z. B. Cäsium- und Quecksilber-Hochdruckentladungen ein weißliches Licht aus. Es sei kurz auf die Farbwiedergabe bei Beleuchtung mit Gasentladungslampen hingewiesen; infolge des Vorhandenseins nur weniger Linien und deren ungleichmäßiger Verteilung im Spektrum fallen bei Beleuchtung mit manchen Gasentladungslampen einzelne Farbtöne aus. Die Hg-Hochdrucklampe hat z. B. im roten Teil des Spektrums sehr wenig Strahlung. Benötigt man in irgendeinem Falle

eine Auffüllung des Spektrums in einem bestimmten Teil, so kann man als zweite Lichtquelle eine, die diesen Strahlungsanteil enthält, anbringen. Um auch die unsichtbaren ultravioletten Strahlen des Strahlers selbst gegebenenfalls zur Spektrumauffüllung nutzbar zu machen, wird versucht, phosphoreszierende Substanzen, die von ultravioletten Strahlen angeregt werden und in dem gewünschten Teil des sichtbaren Gebietes strahlen, auf die Reflektoren oder auf die innere oder äußere Fläche der Glashülle der Leuchtröhren aufzubringen, oder fluoreszierende Gläser zu verwenden.

15. Leuchtdichte

Die Leuchtdichte der positiven Säule bei geringen Stromdichten (Amp/cm^2) ist gering, wie ein Vergleich der Daten in Zahlentafel 1 zeigt. Die Ausgestaltung der Leuchten kann deshalb wie bei den Reklameröhren einfach gehalten werden, da keine Blendung beim Hineinsehen in die unabgeschirmte Entladungslampe auftritt. Durch besondere Formung der Entladungsbahn kann die Leuchtdichte bei Niederdruckröhren auf etwa 30 Hefnerkerzen auf 1 cm^2 (HK/cm^2, Stilb) gesteigert werden. Bei den Hochdruckröhren, bei denen sich die Entladung zusammenschnürt und nicht mehr den ganzen Querschnitt des Rohres ausfüllt, ist die Leuchtdichte des Entladungsfadens viel höher; man erreicht z. B. mit einer Quecksilber-Entladung 600 Stilb, also etwa das 200fache der Leuchtdichte der positiven Säule von Quecksilber-Niederdruck-Entladungsröhren.

Zahlentafel 1. Leuchtdichte verschiedener Lichtquellen

Lampenart			Leuchtdichte Stilb
Glühlampen	Wolframwendeldrahtlampen	luftleer	145 bis 318
		gasgefüllt	565 bis 3600
Licht der positiven Säule	Niederdruck Hochspannung	Ne	0,25
		CO_2 und N_2	0,20
	Niederdruck Netzspannung	Ne	1 bis 2
		Hg	1 bis 2
		Na	14
	Hochdruck Netzspannung	Hg	180
Negatives Glimmlicht		Ne	0,02 bis 0,03

C. Typen der Entladungsröhren

Eine Übersicht über die heute in der Beleuchtungstechnik benutzten Gasentladungslichtquellen gibt Abb. 8.

16. Glimmlampen

Die Leuchterscheinungen an der Kathode werden in den Glimmlampen ausgenutzt. Abb. 9 zeigt eine Glimmlampe für Wechselstrom. Die Glimmlampen werden meist mit dem Edelgas Neon gefüllt, sie senden dann rotes Licht aus. Zur Herabsetzung des hohen Kathodenfalles an den Metallelektroden werden diese mit Werkstoffen, die leicht Elektronen aussenden, überzogen, der Kathodenfall kann dadurch bis auf 60 V herabgesetzt werden. Die Stromdichte auf den Elektroden ist sehr gering — der Gesamtstrom beträgt nur 0,02 bis 0,03 A —; höhere Stromdichte zerstört die Elektroden. Die Lampen können für Netzspannungen bis herab zu 110 V gebaut werden. Für allgemeine Beleuchtungszwecke kommen die Lampen wegen ihres geringen Lichtstromes, ~1 Lm, nicht in Frage. Anwendung finden sie einmal als

Art der Lichtausstrahlung				Art der Lampen			Spannung und Stromart	Lichtstrom in Hefner-Lumen etwa	Lichtausbeute in HLm/Watt etwa	Nutzbrenndauer in Stunden etwa
negatives Glimmlicht				Glimm-Lampen			Gleich- und Wechselstrom von 110 Volt an	3	1,3	über 1000
positive Lichtsäule	Großer Spannungsabfall an der Kathode (kalte Elektroden)	Reine Lumineszenzstrahlung		Moore-Licht mit	Stickstoff Kohlensäure	als Füllgas	nur Wechselstrom von 1500 bis 25000 Volt (je nach Länge der Leuchtröhre)	400....800 x)	8	2000
									4	
				Edelgas-Leuchtröhren (Füllgas: Neon)	ohne	Zusatz von Quecksilber		in Klarglas (rotes Licht) 600.....700 x)	25	
					mit			in Klarglas (blaues Licht) 300....400 x)	8	
								in braunem Glas (grünes Licht) 200...300 x)	4	
	Kleiner Spannungsabfall an der Kathode (heiße Elektroden)			Edelgasleuchtröhren (Hochleistungsröhren) und Metalldampflampen			Gleichstrom u. Wechselstrom von 110 Volt an	Lichtstrom und Leistungsaufnahme abhängig von den Abmessungen	bis 70	—
		Lumineszenzstrahlung (der Gasstrecke) u. Temperaturstrahlung (der Elektroden)	wesentlicher Anteil an Lumineszenzstrahlung	Solarca-Lampe				Lichtleistung unwesentlich, da die Lampe als Ultraviolettstrahler dient		200
				Effektkohlen-Bogenlampe				1000....30000	25....35	—
			unwesentlicher Anteil an Lumineszenzstrahlung	Wolfram-Bogenlampe				1800....12000 (je nach Stromstärke)	20....25	je nach Type 150.....300
				Reinkohlen-Bogenlampe				Lichtstrom u. Leistungsaufnahme hängen von den Abmessungen der Kohlen ab	8....14	—

x) je 1 Meter Rohrlänge bei handelsüblichem Durchmesser

Abb. 8. Übersicht über die verschiedenen Lichtquellen, in denen Gasentladungen benutzt werden

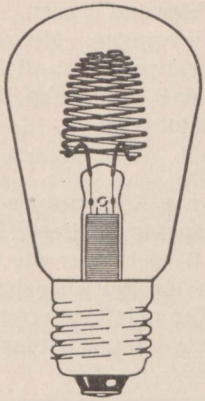


Abb. 9. Glimmlampe für Wechselstrom

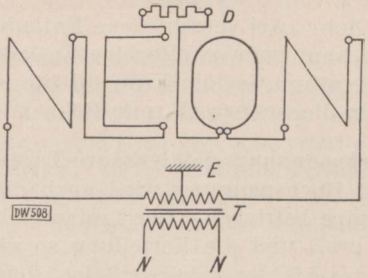


Abb. 10. Hochspannungs-Leuchtröhrenschaltung

E Erdung
T Hochspannungsumformer
N bis *N* Netzanschluß
D Dämpfungswiderstand

Signallampen wegen der geringen Leistungsaufnahme und dann als Schaltelement in der Elektrotechnik. Es wird dabei sowohl die Eigenschaft, erst bei einer vorgegebenen Spannung — der Zündspannung — Strom durchzulassen, als auch die, bei einer kleinsten Spannung, der Löschspannung, auszugehen, ausgenutzt (Scheitelspannungsmesser, Erzeugung von Kippschwingungen). Als Polsucher können sie in Gleichstromnetzen verwandt werden: die Leuchterscheinung zeigt den negativen Pol an. Glimmlampen besonderer Bauart werden neuerdings auch in der Fernsehtechnik verwendet, da ihr Lichtstrom trägheitslos Stromschwankungen bis zu hunderttausend Hz folgt.

17. Reklameleuchtröhren für Hochspannung

Die für Reklamezwecke verwandten Gasentladungsröhren, meist als Neonröhren bezeichnet, haben Edelgase oder ein Edelgas und Quecksilber als leuchtendes Gas. Bei Heliumfüllung ist die Lichtfarbe gelblich rosa, bei Neon rot, bei Anwesenheit von Quecksilber bläulich weiß. Benutzt man für die Röhren anstatt weißen Glases ein farbiges, so kann man die Lichtfarbe ändern. Bei den grün leuchtenden Reklameröhren ist ein bräunliches Glas verwendet, das die im Blau liegenden Spektrallinien des Quecksilbers nicht hindurch läßt. Eine Reklameröhren-Schaltung zeigt Abb. 10.

Unedle Gase wie Stickstoff (orange), Kohlensäure (weiß) werden seltener als Füllung benutzt, da sie während der Entladung allmählich aufgebraucht werden, ein längerer Betrieb folglich nur durch Einbau von Nachlieferungsventilen möglich ist. Die Glasröhren für die Entladungsröhren sind leicht in vielerlei Formen herstellbar. Durch Ver-

wendung von Glasröhren mit einer Längsscheidewand lassen sich in einem Rohr zwei verschiedene Entladungen unterbringen. Mit solchen Röhren kann man zweifarbige Entladungsröhren herstellen. Bei allen Reklameröhren ist die Leuchtdichte so gering, daß man beim Hineinsehen in die unabgeschirmte Röhre nicht geblendet wird.

18. Hochspannungs-Kohlensäure-Tageslichtlampe

Mit Hochspannung wird auch die sogenannte Kohlensäure-Tageslichtlampe betrieben. Der Linienreichtum im Spektrum dieser Lampe ist so groß und die Verteilung so günstig, daß nicht nur die Eigenfarbe des Lichtes rein weiß ist, sondern auch die Körperfarben den Eindruck, den sie bei Beleuchtung mit dem Himmelslicht etwa eines bedeckten Novembertages haben, behalten. Diese Lampe wird z. B. in Färbereien zur Farbbestimmung viel benutzt.

19. Entladungsröhren mit Oxydelektroden

Um Entladungsröhren zum Anschluß an die üblichen Netzspannungen herzustellen, vermindert man den Spannungsabfall an der Kathode durch Verwendung von Oxydelektroden. Von den vielen Formen der Oxydelektroden sei eine näher beschrieben. Wie bei Glühlampen sind zwei Zuführungsdrähte in das Glas eingeschmolzen. An ihren Enden ist eine Wolframwendel angeschweißt, die den Oxydkern umspannt. Der Kern selbst wird aus einer Mischung von Wolframpulver und Oxyden eines oder mehrerer Erdalkalimetalle — Barium, Kalzium und Strontium — gepreßt und gesintert. Die Wendel kann durch Stromdurchgang erhitzt werden. In einzelnen Fällen wird auch dauernd diese Heizung der Elektroden benutzt, in anderen Röhren wird nur eine Vorerhitzung vor der Zündung vorgenommen. Diese Röhren haben dann als Zusatzgerät einen kleinen Umspanner, der am Netz liegt und die Wendeln speist. Bei einer anderen Röhrenart wird überhaupt keine Heizung angewandt, die Verluste an den Elektroden sorgen für das Heißwerden. Diese Gasentladungslampen mit Oxydelektroden sind mit den verschiedensten Gas- oder Metalldampffüllungen, wie z. B. Helium, Neon, Natrium, Kalium, Rubidium, Cäsium, Magnesium, Zink, Cadmium, Quecksilber, Gallium, Indium, Thallium gebaut worden.

Die Lampen haben größtenteils die für die Gasentladung typische fallende Charakteristik — bei Stromsteigerung fällt die Spannung —, es müssen beim Anschluß an das Netz Maßnahmen zur Verhütung des Anwachsens der Stromstärke getroffen werden. Bei Gleichstromnetzen wird ein Widerstand passender Größe vor die Röhre geschaltet. Dieser bedingt einen gewissen Mehrverbrauch. Bei Wechselstrom hat man die Möglichkeit, diesen Verlust sehr zu verringern, indem man eine passende Drosselspule von geringem Ohmschen Widerstand vor die

Röhre schaltet. Es lassen sich auch Kondensatoren gleichzeitig mit der Drossel verwenden.

Um in Röhren, in denen Metalldämpfe leuchten, auch bei Zimmertemperatur, bei der infolge des niedrigen Dampfdruckes der Metalle nur sehr geringe Mengen des Metalles als Dampfatome vorhanden sind, eine Zündung der Entladung möglich zu machen, erhalten diese Röhren neben dem Metall ein Edelgas als sogenannte Grundfüllung. Wird eine solche Röhre gezündet, dann sieht man zuerst nur das Edelgas leuchten. Die Röhre erwärmt sich schnell, so daß sehr bald genügend Metalldampfatome vorhanden sind; es tritt dann neben dem Edelgasspektrum das Metalldampfspektrum auf, und schließlich leuchtet im wesentlichen nur noch der Metalldampf. Dieser Übergang erklärt sich aus dem Vorgang der Anregung und den Werten der Anregungsspannung (s. Zahlentafel 2). Diese sind bei den Metalldämpfen geringer als bei den Edelgasen. Betrachtet man die Entladung in diesen Röhren, so kann man zwei Formen unterscheiden. Es sind dies die Niederdrucklampen, bei denen das leuchtende Gas einen Druck bis zu einigen mm Quecksilbersäule hat, und die Hochdruckröhren, in denen im Betriebszustand ein sehr viel höherer Druck herrscht, etwa 1 at. Bei den ersteren füllt die positive Säule den gesamten Ent-

Zahlentafel 2. Anregungs- und Ionisierungsspannungen einiger Atome

Die Anregungs- und Ionisationsenergie wird in „Volt" gemessen; dabei bedeutet 1 Volt die kinetische Energie, die ein Elektron nach Durchlaufen der Spannungsdifferenz von 1 Volt erworben hat

	Anregungsspannung Volt	Ionisierungsspannung Volt		Anregungsspannung Volt	Ionisierungsspannung Volt
He	19,4	24,5	Li	1,84	5,37
Ne	16,6	21,5	Na	2,1	5,1
Ar	11,6	15,4	K	1,6	4,32
Kr	9,9	13,3	Rb	1,5	4,16
Xe	8,3	11,5	Cs	1,4	3,7
H_2	11,1	16	Mg	2,7	7,6
H	10,1	13,5	Zn	4	9,35
N_2	7,9	16,5	Cd	3,8	9
O_2	6,1	14,2	Hg	4,7	10,4
CO	6	14,2			
			Ga	3,1	5,97
			In	3	5,74
			Tl	3,27	6,08

ladungsraum zwischen den Elektroden bis an die Wände heran aus. Bei den Hochdruckröhren ist die positive Säule in der Entladungsbahn zusammengeschnürt, sie durchzieht als Faden den Raum zwischen den Elektroden.

Bei den Hochdruckröhren — z. B. mit Quecksilberfüllung — kann bei Anwesenheit genügender Mengen Quecksilber ein Zustand herbeigeführt werden, bei dem die Brennspannung im Betrieb ansteigt.

Die Zündspannungen liegen bei den zur Zeit hergestellten Gasentladungsröhren wesentlich höher als die Brennspannungen. Die Netzspannung reicht oft nicht aus, um eine sichere Zündung unter allen Umständen zu gewährleisten. Zur Einleitung der Entladung bedarf es dann eines Hilfsmittels, man erzeugt Ladungsträger z. B. durch kurzes Anlegen einer hochfrequenten Hochspannung oder es sind im Innern der für die praktische Verwendung bestimmten Röhre Einrichtungen vorhanden, durch die zuerst eine „Hilfsentladung" zustande kommt, die die erforderlichen Ladungsträger schafft.

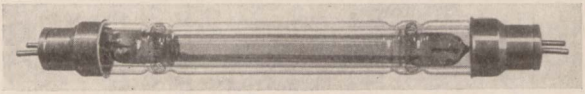


Abb. 11. Natriumdampflampe der Osram G. m. b. H., K. G. für Straßenbeleuchtung

Bei Betrieb mit Wechselstrom tritt in jeder Periode ein Erlöschen der Entladung und eine Wiederzündung ein. Die Zeit, die zwischen dem Abreißen der Entladung und dem Neueinsetzen verstreicht, ist jedoch so gering, daß nicht alle Ladungsträger vernichtet werden, die Wiederzündspannung liegt deshalb erheblich unter der Erstzündspannung. Die Dauer der Dunkelpause und damit die Höhe der Wiederzündspannung ist außer von den Eigenschaften der Röhre noch von der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung im äußeren Stromkreis abhängig, sie ist bei einer Vorschaltdrossel kleiner als bei einem Ohmschen Vorwiderstand. Deshalb „flackern" Röhren bei Betrieb mit Drossel weniger als mit Vorschaltwiderstand. Über einige der wichtigsten Entladungslampen mit Oxydkathoden seien noch Einzelheiten berichtet.

20. Natriumlampen

In Abb. 11 ist eine Natriumlampe für Wechselstrombetrieb abgebildet. Sie gehört zu den Niederdrucklampen. Durch das innere Rohr, das aus einem besonderen natriumfesten Glase hergestellt ist,

geht die Entladung hindurch. Die weiteren umhüllenden Rohre dienen als Wärmeschutz. Der Dampfdruck des Natriummetalles ist erst bei etwa 250°C so hoch, etwa $5 \cdot 10^{-3}$ mm, daß bei einer Entladung im wesentlichen die Natriumatome zur Lichtstrahlung angeregt wer-

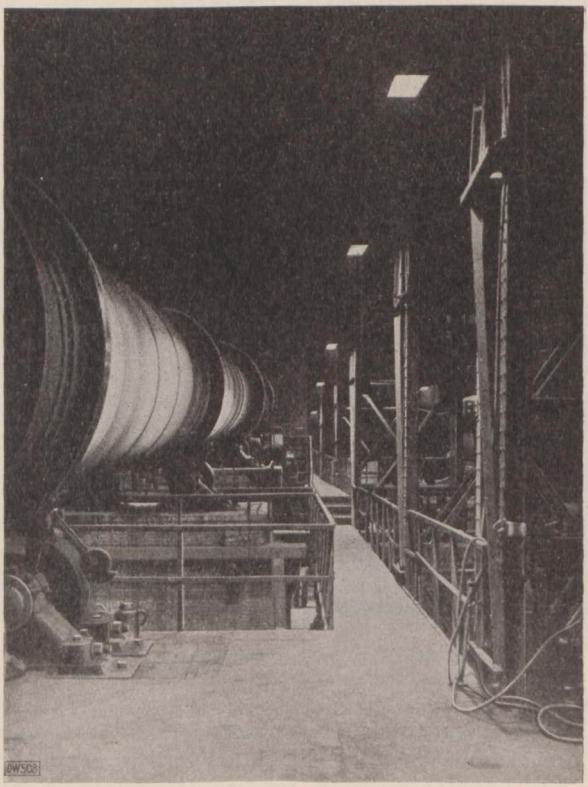


Abb. 11 a.
Beleuchtung von Trommelöfen in einer Zementfabrik

den; bis die Erwärmung so weit fortgeschritten ist, leuchtet das als Grundgas verwendete Neon. Um die hohe Temperatur zu erreichen, müssen Stromdichten angewandt werden, bei denen auch Vorgänge auftreten, die für die Lichterzeugung als Verluste zu betrachten sind, die jedoch die Hülle auf diese Temperatur erwärmen. Das erwärmte Glasrohr strahlt stark und würde durch Konvektion und Wärme-

leitung noch mehr Wärme verlieren, deshalb ist es mit zwei Glasschutzhüllen umgeben, deren Zwischenraum evakuiert ist. Die Stromstärke beträgt 1,15 A, die Spannung an der Lampe 50 bis 55 V, die Gesamtleistungsaufnahme mit Vorschaltwiderstand 70 W, der Lichtstrom 3000 Lm, die Leuchtdichte etwa 14 Stilb. Eine Oxydelektrode wird beim Einschalten fremd angeheizt, dazu dient bei 220 V Betriebsspannung ein Heizumspanner. Neben der 3000 Lm-Type wird noch eine Lampe für 120 Watt und 6000 Lm gebaut, deren Konstruktion die gleiche ist.

Die Lichtausbeute der Natriumlampen beträgt das drei- bis vierfache der der Glühlampe gleicher Wattaufnahme. Beleuchtung mit

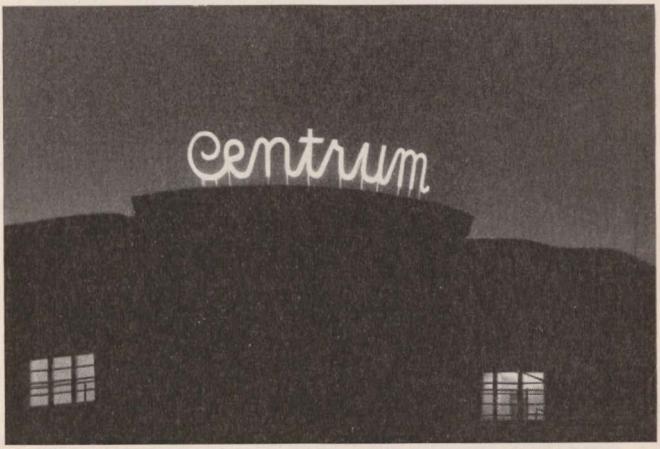


Abb. 11 b. Anleuchten von freistehenden Buchstaben

Natrium ist überall dort möglich, wo auf richtige Farbwiedergabe verzichtet werden kann. Vor allem kommen Natriumlampen für die Beleuchtung von Landstraßen, wo sie bereits verwendet werden, und Plätzen, Gleisanlagen, Fabrikhöfen, Durchfahrten, Verladerampen, Ofenhallen, für die Anleuchtung von Gebäuden und Reklameflächen in Frage. Abb. 11 a und 11 b zeigen eine Ofenhallenbeleuchtung und eine Anleuchtung. Die Ausstattung der Geleuchte ist sehr einfach, da die geringe Leuchtdichte jedwede Blendung ausschaltet. Bei Natriumbeleuchtung fallen alle Farbwirkungen fort, alles erscheint einfarbig. Eine Ausnahme bilden gewisse Fluoreszenzfarben (z. B. Rhodamin), die die Fähigkeit haben, das auffallende gelbe Licht in rotes Licht umzuwandeln. Auf diese Weise ist es möglich, Verkehrsschilder mit roter Kennzeichnung auf mit Na-Licht beleuchteten Straßen anzubringen.

21. Quecksilberlampen

Mit Oxydelektroden werden sowohl Niederdruck- als auch Hochdruck-Quecksilberlampen hergestellt. Die Niederdrucklampen haben die gleiche Farbe wie die für Reklame verwendeten Hochspannungsröhren. Die Hochdruckröhren, bei denen die Entladung nur durch die Rohrmitte hindurchgeht, senden ein weißlicheres Licht aus. Betrachtet man die beiden Spektren der Lampen im sichtbaren Gebiet, dann sieht man, daß bei der Hochdrucklampe der Charakter des reinen Linienspektrums nicht ganz erhalten ist, es ist stellenweise schwache, kontinuierlich über einen größeren Wellenbereich verteilte Strahlung vorhanden. Quecksilber-Hochdrucklampen werden zur Zeit für 275 W, 550 und 1100 W gebaut. Abb. 12 zeigt eine 550 Watt-Hg-Lampe im Betrieb. Der Druck in der Lampe ist etwa 1 at. Damit dieser Druck erreicht wird, muß der Glaskörper des Entladungsrohres über 300° heiß werden. Das eigentliche Entladungsrohr ist bei den Lampen mit einem zweiten Glasrohr, dem Schutzmantel, umgeben. Die Lichtausbeute der Quecksilber-Hochdrucklampen ist viel höher als die der Glühlampen, bei der 1100 Watt-Lampe beträgt sie etwa 46 Lm/W. Sie wird bei größeren Lampen noch besser. Die Leuchtdichte der Entladung ist hoch, sie kann Werte von etwa 300 Stilb erreichen. Auch die Quecksilberlampe diente bisher vor allem als Lichtquelle für Verkehrsbeleuchtungen.

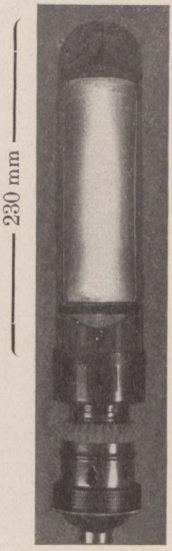


Abb. 12. Quecksilber-Hochdrucklampe für 550 W brennend

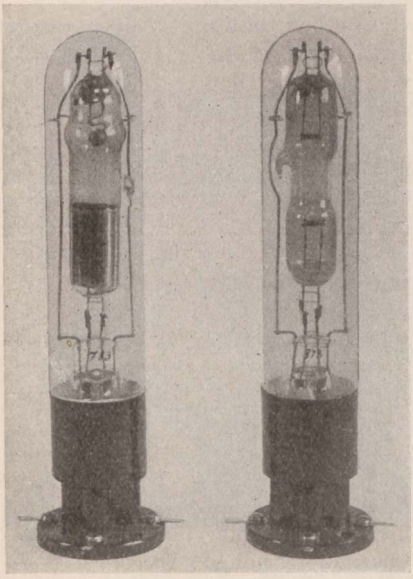
Will man Beleuchtungsanlagen mit Gasentladungslampen betreiben, so ist die Wahl zwischen den bisher reihenmäßig hergestellten Lampen besonders hoher Lichtausbeute, den Natrium- und den Quecksilber-Hochdrucklampen, schnell getroffen. Genügen kleine Lichteinheiten, so wird man die Na-Lampen (Type 70 Watt 3000 Lm; Type 120 Watt 6000 Lm) mit den geringen Strom- und Leuchtdichten verwenden, für größere Lichteinheiten, bei denen aus Gründen der Formgebung eine größere Leuchtdichte nötig ist, die Hg-Lampen (Type 275 Watt 10 000 Lm; Type 550 Watt 20 000 Lm; Type 1100 Watt 50 000 Lm).

22. Spektrallampen

Viele wissenschaftliche und technische Untersuchungen müssen mit einfarbigem Licht vorgenommen werden. Die gegebenen Lichtquellen sind Gasentladungslampen, die in bequemen, kleinen Einheiten, den sogenannten Spektrallampen, zur Verfügung stehen. Die in Abb. 13 gezeigten Spektrallampen dienen zur Beleuchtung von Geräten,

mit denen die Brechungsverhältnisse und optischen Drehvermögen bestimmt werden. Die Leuchtdichte der Natriumspektrallampen ist rd. 10 bis 13 Stilb, also etwa 50 mal so groß wie bei den bisher benutzten Gasbrennern, in die Natriumsalze eingeführt wurden.

Eine ähnlich gebaute Cadmium-Spektrallampe wird hauptsächlich für Interferenzmessungen verwendet. Weitere Spektrallampen, die mit Quecksilber, Cadmium, Thallium, Zink, Rubidium, Cäsium, Kalium, Neon gefüllt sind, ermöglichen Herstellung von einfarbigem Licht anderer Spektralbereiche. Zum Teil ist die Konstruktion dieser Lampen etwas anders. Aus der Strahlung können einzelne Spektrallinien durch Vorschalten von Filtern leicht ausgesondert werden.



a) b)

Abb. 13. Natriumspektrallampe a) für Gleichstrom, b) für Wechselstrom

23. Lichtspritzen

Um eine höhere Leuchtdichte zu erhalten, kann man bei den Niederdruckröhren die Stromstärke nicht beliebig steigern, da das Glas zu heiß werden würde. Durch Einengen der Gasentladung mit einer Metallblende gelingt es, die Stromdichte und Leuchtdichte beträchtlich zu erhöhen. Mit diesen Metallblenden werden die in Abb. 14 gezeigten Lichtspritzen ausgerüstet. Die Leuchtdichte beträgt bei den kleinen Neon-Lichtspritzen etwa 22 Stilb, bei größeren können bis 45 Stilb erreicht werden. Die Hg-Lichtspritze von 1 A hat rd. 70 V Spannung und eine Leuchtdichte von etwa 19 Stilb. Die Heliumlichtspritze von 1 A hat rd. 85 V Spannung und 25 Stilb Leuchtdichte. Da die Leuchtdichte von Gasentladungsröhren trägheitslos den Stromschwankungen folgt, können diese Lampen z. B. für Fernsehzwecke bei Benutzung von Spiegelschraubenrädern benutzt werden. Sie folgen bis über 100 000 Hz den aufgedrückten Stromschwankungen.

24. Natrium-Fernsehlampen

Bei Benutzung von Nipkow-Scheiben muß man eine Lichtquelle haben, die eine größere Fläche gleichmäßig ausleuchtet. Brauchbare

Lampen sind in den sog. Natrium-Fernsehlampen vorhanden. Diese Lampen sind mit einem geheizten Kasten umgeben, so daß keine Verluste durch Abstrahlung der Glaswand und Wärmeabgabe auftreten, es werden etwa 50 v. H. der hineingesteckten Energie als sichtbares Licht erhalten.

25. Leuchtröhren als Signallichtquellen

Einige weitere Anwendungen von Gasentladungsröhren seien noch erwähnt. Zum Geben farbiger Lichtsignale sind die Gasentladungsröhren besonders gut geeignet. In vielen Fällen wie bei Neon für Rot oder Natrium für Gelb kann die vorhandene Strahlung ohne Filterung benutzt werden. Aus anderen Entladungen sind durch einfache Filterung annähernd monochromatische Strahlungen leicht herstellbar.

Man erreicht bei Verwendung von Leuchtröhren für Signalzwecke sehr stark gesättigte Farben mit einer weit höheren Lichtausbeute, als man sie bei der Benutzung von Glühlampen mit Farbfiltern erzielen kann. Ein besonderer Vorteil der Leuchtröhrensignale ist, daß sich ihre Farbe auch bei trüber Atmosphäre, namentlich bei Nebel, nicht ändert; denn ein Spektrum, das nur aus einer einzigen oder aus mehreren nahe beieinander liegenden Linien besteht, kann durch Absorption und Streuung in der Atmosphäre höchstens geschwächt, nicht aber verfärbt werden.

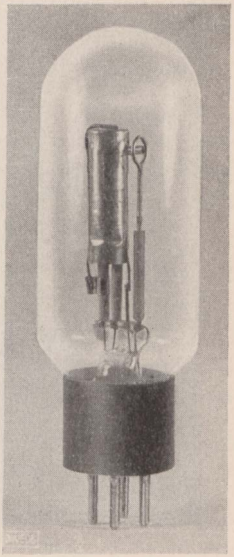


Abb. 14. Lichtspritze

26. Beleuchtung zur Erzielung von Farbeffekten

Farbige Effekte, wie sie hier und da in Festräumen und auch bei Anleuchtungen erwünscht sind, können mittels Gasentladungsröhren leicht erzielt werden. Zur Anleuchtung benutzt man die Röhren in Verbindung mit einfachen Blechwannenreflektoren. Die Form der Röhren bietet namentlich auch die Möglichkeit, große durchscheinende Flächen von hinten gleichmäßig hell zu erleuchten.

Es sei hier noch auf die Wirbellichtröhren hingewiesen. In diesen ändert sich dauernd die Bahn der eingeschnürten Lichtsäule, es entstehen ein oder mehrere Lichtfäden, die in unregelmäßigen, stets wechselnden Windungen durch das Entladungsrohr hindurchziehen. Dies Verhalten zeigen Quecksilber- und Edelgasröhren bei Anwesenheit von Kohlenwasserstoffen.

27. Verbundleuchten

Die Farbigkeit des Lichtes steht in manchen Fällen der alleinigen Verwendung von Gasentladungslampen entgegen; andererseits kann eine Zusatzbeleuchtung mit einer farbigen Entladungslampe zur Änderung der Lichtfarbe der Glühlampenbeleuchtung gute Dienste tun.

Man erhält eine dem Tageslicht ähnliche Farbe bei Mischung von Quecksilberhochdruck-Licht und Glühlampenlicht im Verhältnis 1 : 1. Auch Quecksilber- und Neonlicht im Verhältnis 5 : 1 gibt eine tageslichtähnliche Beleuchtung. Eine Verbindung von rotem Neon- oder

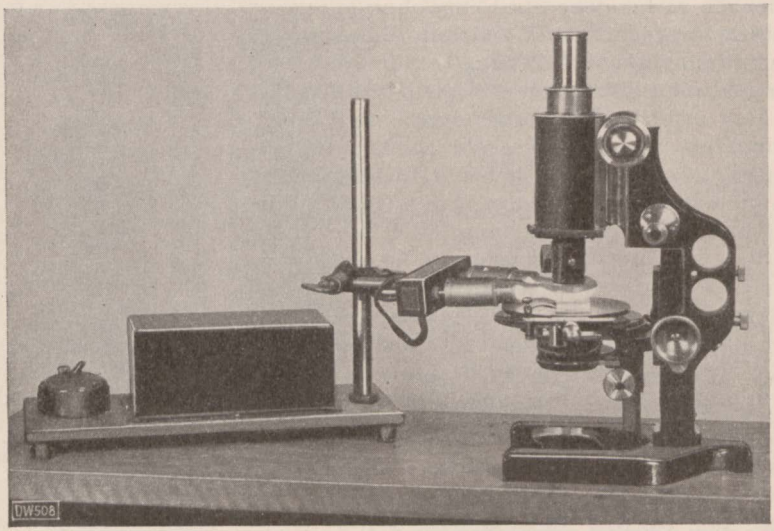


Abb. 15. Quecksilber-Mikroskopbeleuchtung

gelbem Natrium- und Glühlampenlicht, etwa im Verhältnis 1 : 2, ergibt eine Beleuchtung, die dem warmen Ton des Kerzenlichtes sehr nahe kommt. Die Verwendung der Röhren als Bauelement ergibt ganz neuartige Beleuchtungskörper. Bei Zusatz von Quecksilberlicht ist nicht nur die Farbwiedergabe der des Tageslichtes angenähert, sondern außerdem ist eine starke Strahlung auch jenseits des Sichtbaren durch das an Linien im Ultraviolett reiche Spektrum des Quecksilbers vorhanden; es tritt also bei Benutzung von stark ultraviolett-durchlässigem Glase biologisch wirksame Strahlung heraus, und man hat dementsprechend eine Leuchte für hygienische Zwecke. Neben der Ver-

einigung zu einem Leuchtgerät werden auch Leuchten, die nur eine oder mehrere Entladungsröhren enthalten, als Zusatzbeleuchtung verwandt.

28. Quecksilber-Mikroskopbeleuchtung

Der besondere Vorteil der Gasentladungsröhren, der in der leichten Formgebung beruht, kann auch für Gerätbeleuchtung gut Anwendung finden, wie die in Abb. 15 wiedergegebene Quecksilber-Mikroskop-Leuchte zeigt.

Durch sie wird eine gleichmäßige schattenlose Aufsichtsbeleuchtung des Objektes ermöglicht, wie es bei mikroskopischer Untersuchung undurchsichtiger Objekte (z. B. metallographischer Präparate) erwünscht ist.

Es erscheint möglich, ja wahrscheinlich, daß von der Gasentladung aus eine Erneuerung auf einigen Gebieten der Lichttechnik in dem Sinne erfolgen wird, daß der Grundsatz der guten Energieausnutzung, der sich bei allen anderen Techniken bereits als selbstverständliche Forderung durchsetzen konnte, auch hier angewendet wird.

Schrifttum

M. Pirani, Lichttechnik. Die Physik in regelmäßigen Berichten Bd. 2 (1934) S. 127 bis 140.

W. Köhler u. *R. Rompe,* Die elektrischen Leuchtröhren. Braunschweig 1933.

E. Lax u. *M. Pirani,* Lichttechnik auf physikalischer Grundlage. Handbuch der Physik Geiger-Scheel, Berlin 1928, Bd. 19, S. 1 bis 49, 331 bis 470.

A. v. Engel u. *M. Steenbeck,* Elektrische Gasentladungen, ihre Physik und Technik. Bd. 1, 1932 u. Bd. 2, 1934. Berlin.

R. Seeliger, Physik der Gasentladungen. 2. Aufl. Leipzig 1934.

Weiter Arbeiten in: Technisch-Wissenschaftliche Abhandlungen aus dem Osram-Konzern. Bd. 1 (1930) Bd. 2 (1931) Bd. 3 (1934) Berlin.

D. Geschichtlicher Rückblick

I. Die Entladungsformen

a) Erste Beobachtungen

Otto v. Guericke, Glimmlichterscheinungen bei der Reibungselektrizität 1670

Leibniz, Elektrischer Funke beim Reiben einer glänzenden Schwefelkugel 1672

Picard, Lichterscheinung beim Transport eines Barometers mit Hg im Torricellischen Vakuum 1675

Gray, Duay u. *Nollet* unterscheiden als erste Funken, Büschel und Glimmen 1730 bis 1760

Winkler erkannte vor Franklin den Blitz als elektrischen Funken 1746

Eberhard deutete zuerst das Nordlicht als elektrische Erscheinung 1758
Davy, Lichtbogenbildung beim Öffnen von Stromkreisen 1800

b) Klassische Untersuchungen

Faraday, Untersuchungen über Entladungserscheinungen 1838
Plücker, Untersuchungen über Entladungserscheinungen 1858
Hittorf, Umfassende Untersuchungen über Entladungen von 1870 ab
ferner *Crookes*, *Warburg*, *Goldstein*

c) Arbeiten der Neuzeit

Stark, *Seeliger*, *Güntherschulze*, *Hagenbach* und viele andere.

II. Die geschichtliche Entwicklung der technischen Leuchtröhren

Meinicke, Erste gasentladungstechnische Beleuchtungsanlage mit „Blitztafeln" und „Vakuumröhren" 1819
Foucault-Bunsen, Erste Anwendung des Lichtbogens zur elektrischen Beleuchtung 1842
Geißler, „Vakuumleuchtröhre" mit Platinspitzen 1856
Hefner-Alteneck, Differentialbogenlampe 1879
Moore, Leuchtröhren mit Füllungen unedler Gase 1900
Cooper-Hewitt, Quecksilber-Niederdrucklampe 1901
Mey, Erste Glimmlampe für 110 Volt 1903
Wehnelt, Oxydelektrode 1904
Küch u. *Retschinsky*, Quecksilber-Hochdruckquarzlampe 1906
Gehlhoff, Anregung von Alkalimetallen in Edelgasen 1911
Schröter, *Skaupy* u. *Claude*, Gleichstrom-Edelgasröhren 1912
Watson, Glimmlampe mit Neonfüllung 1914
Pirani, Natriumentladung mit 70 vH Lichtausbeute 1929

III. Grundlegende Arbeiten zur Theorie der Entladung

Wood, Temperaturmessungen in der Entladung 1896
Stark, Theorie der Molisierung und Ionisierung 1901
Townsend, Theorie des Zündvorganges 1901
Hagenbach, Theorie des Lichtbogens 1910
Franck u. *Hertz*, Mechanismus des elastischen und unelastischen Stoßes 1912/13
Bohr, Atommodell und Lichtausstrahlung 1913
Langmuir, Sondenmethode zur Temperaturmessung 1923
Schottky, Diffusionstheorie der positiven Säule 1924

Aus dem Deutschen Museum

Neuzugänge 1933/34

Das Deutsche Museum hat im vergangenen Jahre dank der vielseitigen Unterstützung durch Behörden, Firmen und Einzelpersonen nicht nur eine Reihe von wertvollen Neuerwerbungen zu verzeichnen, sondern war auch in der Lage, einige Räume den Anforderungen der neuesten Entwicklung von Wissenschaft und Technik entsprechend umzugestalten. Von den etwa 900 Neuzugängen seien nachfolgend die wichtigsten herausgegriffen.

Die Abteilung „Bergwesen" erhielt die Modelle einer Wolf'schen Lampenhausanlage für elektrische Grubenlampen sowie einer Rotary-Bohranlage, wie sie hauptsächlich beim Bohren nach Erdöl angewandt wird.

In der Gruppe „Metallbearbeitung" hat die Werkzeugmaschinenfabrik Pittler, Leipzig-Wahren, ihre erste Revolverdrehbank aus dem Jahre 1893 und zum Vergleich ihre neueste Revolverdrehbank aus dem Jahre 1934 zur Schau gestellt.

In der Verkehrsabteilung erweckt das Original eines fünfspännigen Alpenpostwagens, den die Generaldirektion der Post- und Telegraphenverwaltung Bern dem Museum gestiftet hat, großes Interesse. Solche Wagen zu acht Sitzen bildeten das wichtigste Beförderungsmittel über die Schweizer Alpen vor Einführung der Eisenbahn. Ein weiteres geschichtlich bedeutsames Objekt für diese Abteilung ist die erste elektrische Vollbahnlokomotive Europas, gestiftet von der Emmenthal-Bahn in Burgdorf-Schweiz. Die Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur hat diese Lokomotive 1899 gebaut und die Firma Brown, Boveri & Co., Baden, den elektrischen Teil dazu geliefert.

Die Abteilung „Schiffbau" hat als Neuzugang das Modell des bei den Deutschen Werken, Kiel, 1929 bis 1933 erbauten Panzerschiffes „Deutschland" zu verzeichnen.

In der Gruppe „Zeitmessung" wurde die Darstellung der Weckerfabrikation der Gebr. Junghans im Schwarzwald durch Aufstellung neuerer Arbeitsmaschinen mit Motorantrieb sowie durch Tafeln über den Werdegang und die Herstellungzeit einzelner Teile dem Fortschritt der Neuzeit angepaßt. Ebenso wird die Herstellung der Junghans-Taschenuhr gezeigt.

Für die Gruppe „Mechanik" gelang es, eine Original Eötvös'sche Drehwaage zu gewinnen, wie sie zur Aufsuchung von Erzlagerstätten, Petroleumlagern usw. praktisch verwendet wird.

Die Darstellung der wissenschaftlichen Forschung auf dem Gebiete der elektrischen Gasentladung wurde ergänzt durch eine Nachbildung der Röhre, mit welcher Professor Dr. Joh. Stark den Dopplereffekt der Kanalstrahlen entdeckt hat, durch das Elektronenmikroskop von Dr. E. Brüche (AEG) sowie durch eine Tafel über die Erforschung der kosmischen Ultrastrahlung.

Als Zugänge der Röntgentechnik seien erwähnt eine Röntgenröhre mit Drehanode von Siemens-Reiniger, zwei Original-Ganzaufnahmen des Menschen und eine Reihe kinematographischer Röntgenbilder von Dr. Janker, Bonn.

In der drahtlosen Telegraphie wurde die neuzeitliche Entwicklung der Telefunken-Senderöhren in 30 Originalstufen von 12 W bis 300 kW Leistung

und die der Empfangsröhren bis zu den neuesten Binoden, Hexoden, Oktoden usw. in Originalen und Übersichtstafeln mit Kennlinien dargestellt.

Die schon bisher sehr vollständige Sammlung von Kinematographen wurde ergänzt durch den kinematographischen Platten-Aufnahme- und Wiedergabeapparat, mit welchem Dr. E. Kohlrausch bereits im Jahre 1892 turnerische Bewegungen festgehalten und analysiert hat. Eine wertvolle Bereicherung erhielt die optische Abteilung durch den Dreifarbenprojektionsapparat von Professor Dr. A. Miethe.

Der Gruppe „Musikinstrumente" wurde in einem besonderen Vorführungsraum eine Sammlung elektro-akustischer Instrumente angegliedert, Abb. 1. Hier sind die elektro-mechanischen Instrumente durch den Neo-Bechsteinflügel vertreten, während die Tonerzeugung der rein elektrischen Instrumente an einem Modell des Thereminapparates sowie an zwei Entwicklungsformen des von Dr. Trautwein erfundenen Trautoniums vorgeführt werden kann.

Eine wesentliche Vervollkommnung erhielt im letzten Jahre mit Unterstützung der bayerischen Landeswetterwarte die im Turm des Museums untergebrachte Gruppe „Meteorologie". Die Zuführungstreppe wurde durch einen Fries mit 26 Bildern der bedeutendsten meteorologischen Stationen der Welt geschmückt, im Schacht des Turmes wurden Pilotballone, Registrierdrachen, ein Registrierballon mit Fallschirm und Meteorograph sowie ein Ballontandem mit Registrierelektrometer von Professor Dr. E. Regener aufgehängt. Die Entwicklung und Entstehung der Wetterkarte vom Jahre 1851 bis zu der während des Polarjahres täglich gezeichneten Wetterkarte der nördlichen Halbkugel wird in Karten mit Beschriftung gezeigt.

Um schließlich den Besuchern einen Begriff vom Stellen der Wettervorhersage zu geben, wurde ein Modell geschaffen, welches durch ein 7 m langes, sich

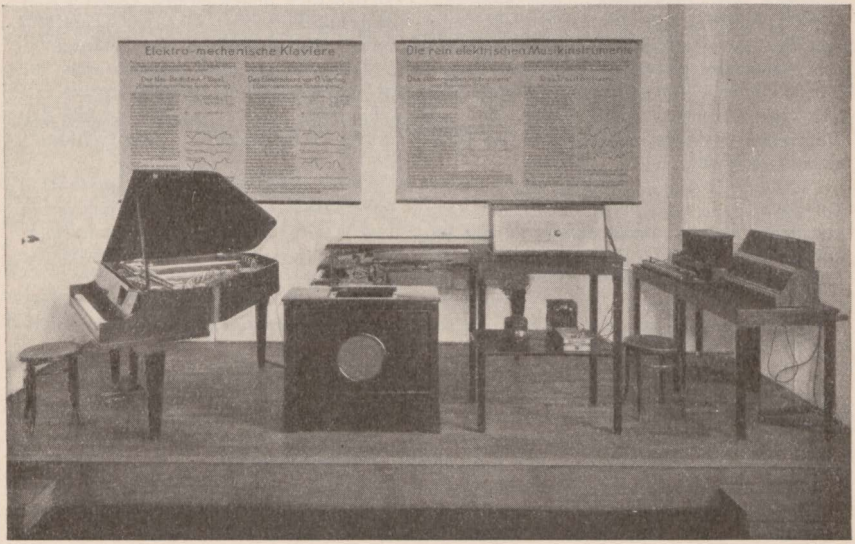


Abb. 1. Elektro-akustische Instrumente

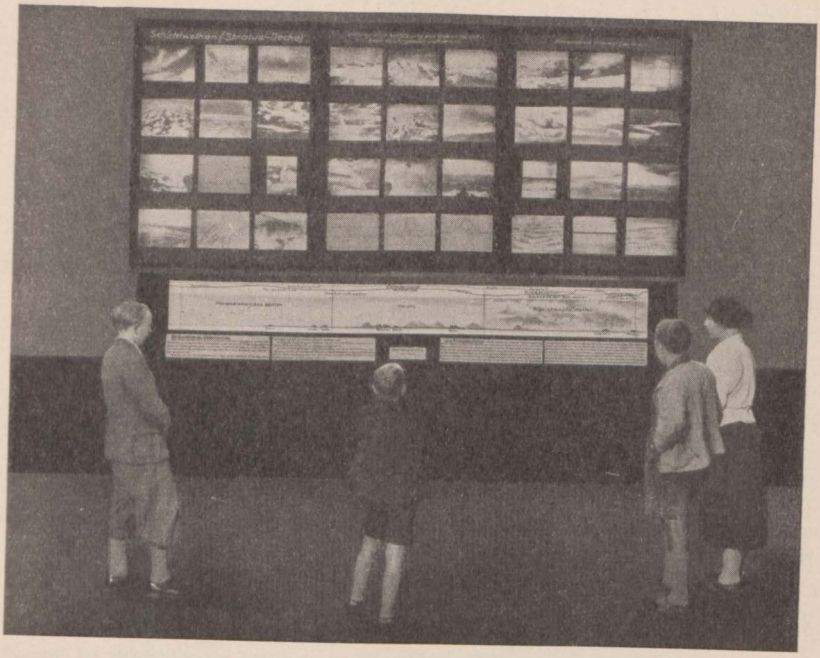


Abb. 2. Modell über den Durchzug eines Tiefs und der hierauf gegründeten Wettervorhersage, darüber Wolkenbilder

abrollendes Band die Wolkenschau, die Luftdruck- und Temperaturkurven, die Windrichtung usw. veranschaulicht, wie sie den Durchzug eines Tiefs vom Atlantik bis nach Südrußland begleitet; dabei wird die für den folgenden Tag sich ergebende Vorhersage selbsttätig angezeigt, Abb. 2.

Die chemische Abteilung wurde bereichert durch ein Gerät zur Darstellung des Dampfdruckunterschiedes von schwerem und gewöhnlichem Wasser, gestiftet von Professor Harteck-Cambridge, sowie durch eine Sammlung von Molekülmodellen von Professor Dr. Debye-Leipzig, bei denen die Kugelgrößen dem Verhältnis der Atomgrößen entsprechen.

In der Abteilung „Bauwesen" wurde mit Unterstützung des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten die Gruppe „Zement" mit den großen Dioramen einer alten und einer neuzeitlichen Zementfabrik sowie den anschaulichen Übersichten der Zementherstellung nach dem Trocken- und Naßverfahren fertiggestellt.

Im Saale „Wohnbau" wurden zwei Schnittmodelle des Frhr. von Scheuerlschen Hauses und des Pellerhauses in Nürnberg mit der Inneneinrichtung der wichtigsten Räume neu aufgestellt.

In der Abteilung „Beleuchtung" fand neben einer Wirbellicht-Leuchte der Osram-Philipps-Neon-Gesellschaft eine Natriumdampflampe und eine Quecksilber-Hochdrucklampe Aufstellung. Ebenso besitzt diese Abteilung nun auch die größte elektrische Glühlampe der Osram-Gesellschaft, eine Wolframlampe für 50 000 W.

Röntgen und seine Entdeckung*)

Von *Peter Debye,* Leipzig.**)

Wilhelm Conrad Röntgen wurde Donnerstag, den 27. März 1845, nachmittags 4 Uhr, im Hause Nr. 287 an der alten Poststraße in Lennep geboren. Lennep ist ein kleines Städtchen im Bergischen Lande am gleichnamigen Flusse und an der Bahnstrecke Barmen—Rittershausen nach Remscheid—Düsseldorf gelegen. Er war und blieb einziges Kind. Sein Vater, der Kaufmann und Tuchfabrikant *Friedrich Conrad Röntgen,* war bei der Geburt seines Sohnes 44, seine Mutter *Charlotte Constanze,* geb. *Frowein* 39 Jahre alt. Sie war die Tochter eines in Amsterdam ansässigen Kaufmannes, dessen Vorfahren indessen ebenso wie die Röntgens aus der niederrheinischen Gegend stammten. Die Beziehungen des Röntgenschen Hauses zu den verschiedenen Zweigen der Familie Frowein brachten es mit sich, daß der junge Wilhelm seine Jugendjahre der Hauptsache nach in Holland verbrachte, teilweise in Apeldoorn, wohin auch seine Eltern später zogen, und dann in Utrecht, wo er das Gymnasium besuchte. Von ihm wird aus dieser Zeit nicht berichtet, daß er durch außergewöhnliche Begabung aufgefallen wäre. Was hervorgehoben wird, ist seine große Vorliebe für die Natur, die sich in langen Wanderungen kund tat. Er war offenbar ein frischer, gesunder, heiterer und, soweit das damals zu beurteilen war, normal veranlagter Schüler, der sicher ohne besondere Schwierigkeiten die Gymnasialjahre hinter sich gebracht hätte, wenn nicht ein böser Zufall dazwischen gekommen wäre. Ein Freund hatte, als Röntgen in der Obersekunda war, zum allgemeinen Vergnügen eine gut gelungene Karikatur eines der Lehrer mit Kreide auf den Ofenschirm gezeichnet. Der Lehrer überraschte die Buben und faßte Röntgen. Dieser gab zu, daß er beteiligt sei, aber weigerte sich entschieden, die Namen der Mittäter zu nennen. Aus dem harmlosen Streich wurde nun in der üblichen Art eine Haupt- und Staatsaktion gemacht, und, als Röntgen standhaft bei seiner Weigerung

*) Festvortrag auf der Jahresversammlung des Deutschen Museums am 7. Mai 1934.

**) Der Verfasser kam, nachdem er an der Aachener Technischen Hochschule als Ingenieur elektrotechnischer Richtung diplomiert hatte, als Assistent für theoretische Physik nach München. Dort war er von 1905 bis 1911 in dieser Eigenschaft mit der Universität verknüpft. In dieser Zeit hat er Röntgen öfters begegnet. Er ist jetzt Professor der Physik an der Universität Leipzig, nachdem er vorher in ähnlicher Weise an den Universitäten Zürich, Utrecht, Göttingen und an der Technischen Hochschule Zürich tätig war.

blieb, erkannte die eingesetzte Kommission auf Entlassung vom Gymnasium.

Das war für Röntgen ein schwerer Schlag, denn ohne Abitur war ihm der Zugang zur Universität versperrt. Sein einziger Trost war, daß seine Mutter sein Betragen völlig billigte und ganz und gar auf seiner Seite stand. Es dauerte jedoch nicht lange, da wurden

Abb. 1. Röntgens Geburtshaus in Lenep,
früher Alte Poststraße 287, jetzt Gänsemarkt 1

ihm durch Vermittlung eines befreundeten Lehrers neue Aussichten eröffnet. Es wurde ihm gestattet, seine Prüfung vor einer Kommission abzulegen, und Röntgen bereitete sich nun gewissenhaft auf das Privatabsolutorium vor. Unglücklicherweise erkrankte im kritischen Moment der Vorsitzende, und an seine Stelle trat einer der Lehrer, der bei dem Verfahren der Schulentlassung wesentlich mitbeteiligt war. Resultat: Röntgen fiel durch. Nun war guter Rat teuer. Der wenig

befriedigende Ausweg, der gefunden wurde, war, daß Röntgen an eine Maschinenbauschule in Apeldoorn geschickt wurde, deren Lehrgang wenigstens einigermaßen seinen Neigungen entsprach. Da wollte es der Zufall, daß Röntgen einen Schweizer namens *Thormann* kennen lernte, der ihm vom Züricher Polytechnikum erzählte, welches auch Studenten ohne Reifezeugnis aufnehme. Das war ein Lichtblick, und bald zieht der jetzt zwanzigjährige Röntgen im Frühjahr 1865 als Student des Polytechnikums in Zürich ein. Von der Bürde, die auf

Röntgen als junger Student

ihm lastete, befreit, lebt Röntgen auf, und er genießt in vollen Zügen den Rudersport auf dem schönen See, auf vielen Wanderungen die nahen und fernen Berge und das studentische Leben überhaupt. Das mag einer der Gründe gewesen sein, warum er sich auf den Zeichensälen weniger blicken ließ, viel weniger, als seine Professoren das für nötig hielten. Ein anderer und tiefer liegender Grund war sicher der, daß sich in Röntgen schon die Regungen entwickelten, die ihn zur Physik führen sollten. Die Naturgesetze selber, wie er sie besonders in den Vorlesungen von *Clausius* kennen und deuten lernte, und nicht so sehr ihre Anwendungen in den Konstruktionssälen waren es, die Röntgen innerlich bewegten. Das ging so weit, daß einer seiner Professoren Röntgen rundweg erklärte, er werde das Diplom niemals

erhalten. Aber nun war Röntgens Trotz geweckt, er strengte sich an und bestand das Diplomexamen als Maschineningenieur im Jahre 1868.

Offenbar waren ihm aber die schlummernden wissenschaftlichen Bedürfnisse seiner Persönlichkeit zu jener Zeit doch noch nicht ganz klar zum Bewußtsein gekommen, denn zunächst genießt er seine Freiheit wieder. Erst eine Begegnung mit *Kundt,* der inzwischen an das Polytechnikum berufen war, bildete den Wendepunkt. Kundt regte an, daß Röntgen sich im physikalischen Laboratorium beschäftigen sollte; bald war Röntgens Interesse geweckt und damit endgültig

August Kundt (1838 bis 1894)
Professor der Physik

die Richtung seiner Entwicklung für die Zukunft festgelegt. Schon in seiner ersten Arbeit, die 1870 in Poggendorfs Annalen veröffentlicht wurde, sind Röntgens hervorragende Eigenschaften als Physiker, insbesondere als Präzisionsphysiker, klar abgezeichnet. Allen Fehlerquellen wird mit unermüdlicher Ausdauer und, beinahe möchte ich sagen, mit Liebe nachgegangen, bis er ihrer auf experimentellem Wege völlig Herr geworden ist. Die Arbeit ist betitelt „Über das Verhältnis der spezifischen Wärmen der Luft" von Dr. W. C. Röntgen aus Holland, denn am 22. Juni 1869, schon ein Jahr nach seinem Diplomexamen, hatte Röntgen die Doktorwürde erhalten. Die Abhandlung bringt die Aufklärung, warum *Kohlrausch* für jenes Verhältnis der spezifischen Wärmen zu niedrige Werte gefunden hatte, und erst in Röntgens Händen wird die Methode, die auf *Clément* und *Desormes* zurückgeht, zu einer genauen Bestimmung entwickelt.

Inzwischen hatte Kundt das große experimentelle Geschick Röntgens, verknüpft mit seiner wunderbaren Gabe der unbeirrbaren Selbstkritik, erkannt. Als er nach Würzburg berufen wurde, bot er Röntgen daher eine Assistentenstelle an, und dieser ging mit Freuden auf das Angebot ein.

So finden wir jetzt Röntgen als Sechsundzwanzigjährigen in Würzburg mit den Vorbereitungen zur Habilitation beschäftigt; denn daß er nur als wissenschaftlicher Forscher dauernde Befriedigung finden werde, das war ihm inzwischen längst klar geworden. Aber so leicht sollte das nicht gehen. Die altehrwürdige Universität Würzburg hatte

Anna Berta Röntgen
geb. Ludwig
(1839 bis 1919)

ihre Satzungen und, trotzdem Kundt sein möglichstes tat, war kein Löchlein zu finden, durch das ein Mann wie Röntgen ohne Abitur und ohne Nachweis einer lange genug ausgedehnten Beschäftigung mit den alten Sprachen hindurchschlüpfen konnte. Glücklicherweise wurde Kundt nach Straßburg berufen, er wußte, was er an Röntgen hatte, und nahm ihn auch dorthin als Assistenten mit. An dieser neugegründeten Universität waren die offiziellen Hemmungen geringer; hier wirkte auch *Adolf von Baeyer,* und hier wurde Röntgen, besonders auf Baeyers Betreiben, nachdem er zwei Jahre der Universität angehört hatte, im Jahre 1874 endlich als Privatdozent zugelassen.

Schon einige Jahre früher hatte Röntgen einen eigenen Hausstand gegründet. Am 19. Januar 1872 hatte er sich in Apeldoorn verheiratet mit der sechs Jahre älteren *Anna Berta Ludwig,* der mittleren

der drei Töchter eines während der 1830er Revolution in die Schweiz geflüchteten Jenaer Studenten. In Zürich führte dieser, *Johann Gottfried Ludwig,* das Café-Restaurant „Zum grünen Glase" an der Unteren Zäune, wo Studenten und Professoren verkehrten, und wo auch Röntgen seine zukünftige Frau schon in den ersten Jahren seines Züricher Aufenthaltes kennen lernte. Treue Liebe verband das Ehepaar Röntgen das ganze Leben hindurch.

Nach seiner Habilitation brauchte Röntgen, dessen Arbeiten inzwischen schon die Aufmerksamkeit auf ihn gelenkt hatten, nicht lange auf eine Berufung zu warten. An der landwirtschaftlichen Akademie zu Hohenheim in Württemberg war die Stelle eines Professors der Physik und Mathematik zu besetzen, die durch die Übersiedlung von *Weber* nach Zürich frei geworden war. Weber, bekannt durch seine später für die Entwicklung der Quantentheorie wichtigen Untersuchungen über die der Dulong-Petitschen Regel nicht gehorchende, abnormal niedrige spezifische Wärme des Diamanten, schlug Röntgen als seinen Nachfolger vor. Dieser erhielt die Stelle, und die Röntgens zogen zum 1. April 1875 nach Hohenheim. Dort, beengt durch die sehr beschränkten experimentellen Arbeitsmöglichkeiten, fühlte sich Röntgen indessen durchaus nicht wohl, so daß er mit Freude nach Straßburg zurückkehrte, als Kundt ihm zum 1. Oktober 1876 ein Extraordinariat für theoretische Physik anbieten konnte. Es ist auch sonst vielfach geschehen, daß solche Stellen mit reinen Experimentalphysikern besetzt wurden. Im Falle Röntgen geschah das sicher mit vollem Recht. Zwar war er kein mathematischer Physiker, der gelernt hatte, sich das logische Denken mit Hilfe von Formelzeichen oder, wie *Sommerfeld* es einst ausdrückte, mit der mathematischen Krücke zu erleichtern. Dafür aber hatte er, ähnlich wie *Faraday,* im hohen Maße die Gabe, dennoch folgerichtig, exakt und dabei in höchst anschaulicher Weise Gedanken an Gedanken zu reihen, bis zum experimentell prüfbaren Ende. Auch das ist theoretische Physik, weniger leicht lehrbar als ihre mathematische Schwester, aber deshalb nicht weniger wichtig.

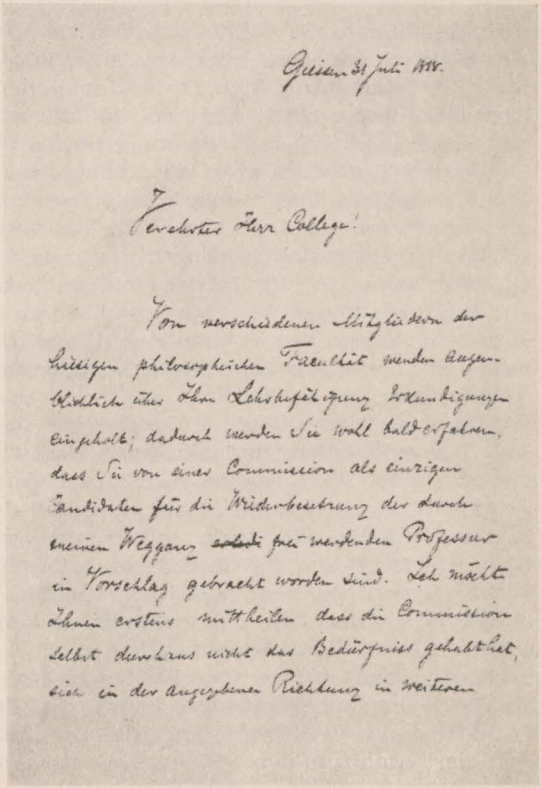
In Straßburg konnte Röntgen wieder nach Herzenslust arbeiten. In Zusammenarbeit mit Kundt entstanden die bekannten Beobachtungen über die magnetische Drehung der Polarisationsebene in Gasen, ein Effekt, der bis dahin zu klein gewesen war, um beobachtet zu werden, und der nunmehr nicht nur beobachtet, sondern gemessen wurde. Hier machte Röntgen auch beinahe seine erste Entdeckung. Er suchte nach einer Beeinflussung der Lichtfortpflanzung durch ein elektrisches Feld und beobachtete deshalb, ob nicht eine Glasplatte im elektrischen Feld Doppelbrechung zeige. Indem er in seiner charakteristischen, gewissenhaften Art den Einfluß von mechanischen Spannungen gebührend berücksichtigte, konnte er sich nicht von der

Existenz des gesuchten Effektes überzeugen. Dann erschien eine Arbeit von *Kerr,* der unabhängig von Röntgen dieselbe Fragestellung bearbeitete, in der jener mitteilte, daß er eine durch das Feld verursachte Doppelbrechung in Glas gefunden habe. Eine Nachprüfung durch *Gordon,* von Maxwell veranlaßt, und eine andere, durch *Mackenzie,* von Helmholtz veranlaßt, konnten indessen Kerrs Angaben nicht bestätigen. So fühlte sich Röntgen, der wohl doch nicht ganz sicher war, und seine negative Schlußfolgerung nicht veröffentlicht hatte, in seinen Ansichten bestärkt und ließ den Gegenstand fallen. Aber Kerr ließ nicht locker, und im Jahre 1879 fand er, daß Flüssigkeiten im elektrischen Felde doppelbrechend werden, und damit war nun in der Tat, wie Kerr es ausdrückt, eine neue Beziehung zwischen Licht und Elektrizität entdeckt. Röntgen griff die Sache erneut auf und prüfte gewissenhaft alle möglichen Fehlerquellen. Er kam aber zu dem Ergebnis, daß Kerr recht hatte, und der Effekt, den er schon vor Kerr gesucht hatte, in der Tat reell ist. Nun veröffentlichte er, auf alle Einzelheiten eingehend, und nirgends bemerkt man in dieser Arbeit auch nur den Schein einer Verstimmung darüber, daß ihm selber die experimentelle Bestätigung seiner Idee nicht vergönnt gewesen war.

Inzwischen war Röntgen durch seine sauberen und interessanten Arbeiten aufgefallen, und als durch das Ableben von *Heinrich Buff* die Physikerstelle in Gießen zu besetzen war, wurde Röntgen berufen. Zwar hatte sein Name nicht als erster auf der Liste gestanden, offenbar weil die Fakultät mehr an einen Vertreter der technologischen Richtung, ähnlich wie Buff, gedacht hatte. Aber *Helmholtz, Kirchhoff, Kundt, Meyer,* alle hatten sich für Röntgen ausgesprochen, und so erhielt dieser den Ruf, nahm ihn an und zog Anfang 1879 als Ordinarius nach Gießen. Allerdings waren die Laboratoriumsverhältnisse in Gießen zunächst enttäuschend schlecht, aber bald wurde durch einige Neubauten Wandel geschaffen, und Röntgen konnte arbeiten. So hatte er keine Mühe, sich in die neue Umgebung einzuleben und sich dort wohlzufühlen. Einen Ruf nach Jena 1886 lehnte er ab, gleicherweise verfuhr er 1888 mit einem Ruf nach Utrecht, der Stadt, in der ihm einst das Reifezeugnis verweigert wurde.

In Straßburg hatte Röntgen einen Anlauf zu einer Entdeckung gemacht, aber es war ihm nicht gelungen, als erster anzukommen. In Gießen sollte er glücklicher sein. Er hatte sich die Aufgabe gestellt, die von Maxwell vorhergesehenen magnetischen Wirkungen des Verschiebungsstromes experimentell nachzuweisen. Das war eine Aufgabe, so recht für Röntgen geschaffen, denn es handelte sich hier um einen sehr kleinen Effekt, der sauber herausgeschält werden mußte aus einer Menge von an sich uninteressanten Nebeneffekten. In einer Arbeit, die im Jahre 1885 von Helmholtz der Berliner Aka-

demie vorgelegt wurde, konnte Röntgen über den gelungenen Nachweis berichten. Aber die Beschäftigung mit seiner Versuchsanordnung brachte ihn auf den Gedanken, daß vielleicht nicht nur eine zeitliche Variation des elektrischen Feldes magnetisch wirksam sein könnte,



Giessen 31 Juli 1888.

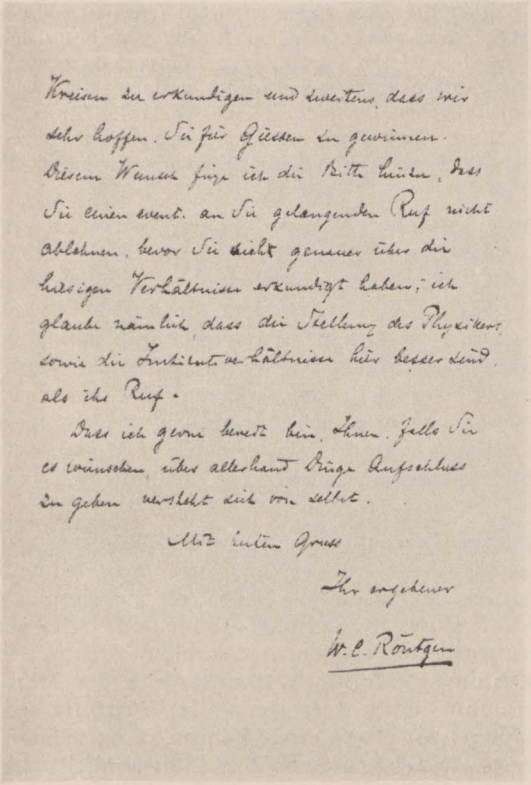
Verehrter Herr Collega!

Von verschiedenen Mitgliedern der hiesigen philosophischen Facultät wurden Ausstellungen über Ihre Lehrbefähigung Vorstellungen eingeholt; dadurch werden Sie wohl bald erfahren, dass Sie von einer Commission als einzigen Candidaten für die Wiederbesetzung der durch meinen Weggang erledigt werdenden Professur in Vorschlag gebracht worden sind. Ich möchte Ihnen erstens mittheilen dass die Commission selbst deswegen nicht das Bedürfniss gehabt hat, hier in der angegebenen Richtung in weiteren

Abb. 2. Brief Röntgens

sondern ein gleicher Effekt ausgehen möchte von einer isolierenden Platte, die in einem homogenen elektrischen Felde rotierte. Der Versuch wurde gemacht, und Röntgen überzeugte sich, daß tatsächlich die rotierende Platte in ihrer magnetischen Wirkung einem geeignet verteilten elektrischen Strome entsprach. Helmholtz legte diese Arbeit im Jahre 1888 der Berliner Akademie vor. *Lorentz* nannte später den neu entdeckten Strom den Röntgenstrom. Röntgen war sich völlig

klar über die Bedeutung seiner Beobachtungen für die damals und noch lange nachher viel umstrittene Frage nach dem Lichtäther und seine Mitnahme durch bewegte Körper, konnte aber nicht die nötige Genauigkeit erreichen, um den Effekt auch quantitativ, wie das hier



Kreisen so erkundigen und bemerken, dass wir sehr hoffen, Sie für Giessen zu gewinnen. Diesem Wunsch füge ich die Bitte hinzu, dass Sie einen event. an Sie gelangenden Ruf nicht ablehnen, bevor Sie nicht genauer über die hiesigen Verhältnisse orientirt haben; ich glaube nämlich dass die Stellung des Physikers sowie die Institutsverhältnisse hier besser sind, als ihr Ruf.

Dass ich gerne bereit bin, Ihnen, falls Sie es wünschen, über allerhand Dinge Aufschluss zu geben versteht sich von selbst.

Mit besten Gruss

Ihr ergebener

W. C. Röntgen

an Heinrich Hertz

nötig gewesen wäre, festzulegen. Ich darf vielleicht noch einen Bericht seines damaligen Assistenten *Zehnder* hinzufügen, der eine aufschlußreiche Schilderung von Röntgens Arbeitsweise enthält. Zehnder erzählt:

„Röntgen arbeitete, wenn er sich ein Problem gestellt hatte, immer in der Stille, ohne irgend jemandem Einblick in seine Arbeits- und Denkweise zu ermöglichen. So wußte ich nichts von seinen genannten Versuchen, mit

denen er noch beschäftigt war. Weil aber dieser Röntgeneffekt derart schwach war, daß man den Magnetometerausschlag nur bei größter Sorgfalt sicher zu sehen vermochte, holte er mich eines Tages und ließ mich ins Fernrohr sehen. Er werde nun einen Versuch machen, von dem ich nichts erblicken konnte; ich solle ihm dann sagen, ob ich am Fadenkreuz des Fernrohrs etwas sehe. Ich sah in der Tat einen minimalen Ausschlag, etwa um ein paar Zehntel Skalenteile. Bei einem zweiten Versuch sah ich ungefähr denselben Ausschlag nach rechts. Solche Ablesungen hatte ich mehrere zu machen, ohne daß ich wissen durfte, was Röntgen dabei vornahm, und ob der Ausschlag nach links oder rechts zu erwarten war. Röntgen wollte von einem unbefangenen Beobachter eine Kontrolle für seine eigenen Ablesungen haben." Und dann fügt Zehnder hinzu: „Erst durch seine Veröffentlichung in den Berliner Akademieschriften erfuhr ich dann von dieser Röntgenschen Entdeckung."

Noch eine ganze Reihe anderer, ausgezeichneter Arbeiten auf sehr verschiedenen Gebieten wurden von Röntgen während seiner Gießener Zeit veröffentlicht, alle exakt und präzis. Als daher im Jahre 1888 die Stelle von *Friedrich Kohlrausch,* dem Meister der Präzision, in Würzburg frei wurde, war Röntgen der gegebene Nachfolger. Röntgen nahm die Berufung an und übernahm, nunmehr dreiundvierzigjährig, die Professur. Obwohl ich eine Äußerung darüber nicht finden konnte, müssen wir doch wohl annehmen, daß es für Röntgen eine besondere Genugtuung war, gerade von derjenigen Universität berufen zu werden, die ihn früher nicht zur Habilitation zugelassen hatte.

In den ersten Würzburger Jahren beschäftigte sich Röntgen mit Versuchen über den Einfluß des Druckes auf die verschiedenen Körpereigenschaften, deren Anfang in die Gießener Zeit zurückreicht. Dann experimentierte er mit dünnen Oberflächenschichten, wie sie z. B. von Öl auf Wasser ausgebildet werden, insbesondere wegen der Bedeutung solcher Beobachtungen für die Wirkungsweite der Molekularkräfte. Im siebenten Jahre seines Aufenthaltes in Würzburg entschloß er sich, mit Entladungen in evakuierten Röhren zu experimentieren und zunächst einmal, wie es auch sonst seine Gewohnheit war, die in der Literatur beschriebenen Versuche nachzumachen, um das Gebiet aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Das sollte ihn, für ihn selbst wie für die Welt gleich unerwartet, zu seiner großen Entdeckung führen. Was er an jenem denkwürdigen 8. November 1895 tat, und was er sah, kann ich unmöglich besser beschreiben als mit Röntgens eigenen schlichten Worten, so wie sie in seiner ersten Mitteilung „W. C. Röntgen: Über eine neue Art von Strahlen" abgedruckt sind.

„Läßt man durch eine Hittorfsche Vakuumröhre oder einen genügend evakuierten Lenardschen, Crookesschen oder ähnlichen Apparat die Entladungen eines größeren Ruhmkorffs gehen und bedeckt die Röhre mit

einem ziemlich eng anliegenden Mantel aus dünnem, schwarzen Karton, so sieht man in dem vollständig verdunkelten Zimmer einen in die Nähe des Apparates gebrachten, mit Bariumplatincyanür angestrichenen Papierschirm bei jeder Entladung hell aufleuchten, fluoreszieren, gleichgültig, ob die angestrichene oder die andere Seite des Schirmes dem Entladungsapparat zugewendet ist. Die Fluoreszenz ist noch in 2 m Entfernung vom Apparat bemerkbar. Man überzeugt sich leicht, daß die Ursache der Fluoreszenz vom Entladungsapparat und von keiner anderen Stelle der Leitung ausgeht."

Das ist der erste Paragraph; es folgen noch 16 andere. Darin berichtet Röntgen, wie nicht nur Papier, sondern auch alle anderen

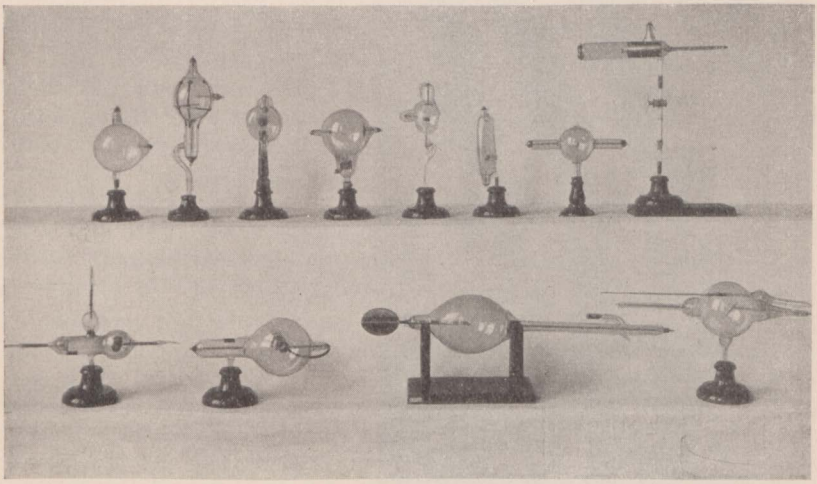


Abb. 3. Röhren, mit denen Röntgen die X-Strahlen entdeckt und untersucht hat

Körper mehr oder minder durchlässig sind und erwähnt das Knochenbild der Hand. Er stellt fest, daß die Dichte für die Durchlässigkeit nicht allein maßgebend ist; daß Unterschiede in der Durchlässigkeit eines Kristalls in verschiedenen Richtungen nicht auffindbar waren, daß es auch noch andere Körper als das Bariumplatincyanür gibt, die fluoreszieren, daß man die X-Strahlen, wie er sie nennt, auch photographieren kann, daß man, wie die regelmäßigen Schatten zeigen, es in der Tat mit einer Strahlenausbreitung zu tun hat, daß die Strahlen durch ein Prisma nicht gebrochen werden, daß eine regelmäßige Reflexion ebensowenig stattfindet, dafür aber eine Streuung an jedem Körper verursacht wird, daß die Strahlen unmöglich, schon wegen der geringen Absorption, die sie in Luft erfahren, mit den von Lenard beobachteten Kathodenstrahlen identisch

sein können, daß sie nicht magnetisch ablenkbar sind, daß er Interferenzerscheinungen nicht hat auffinden können, daß die X-Strahlen von dort ausgehen, wo die Kathodenstrahlen die Wand der Röhre treffen, daß sie aber auch beim Auftreffen der Kathodenstrahlen auf ein Aluminiumblech entstehen.

Selbst ein Röntgen konnte natürlich alle diese Feststellungen nicht am Tage der ersten Entdeckung des Aufleuchtens seines Fluoreszenzschirmes gemacht haben. In der Tat reichte Röntgen seine Notiz erst

Abb. 4. Röntgenaufnahme vom 22. Dezember 1895 (Original im Deutschen Museum)

nahezu zwei Monate später, am 28. Dezember 1895, dem Vorsitzenden der Physikalisch-medizinischen Gesellschaft ein. Sie wurde gedruckt, obwohl noch in keiner Sitzung darüber gesprochen war, da in den Weihnachtsferien keine Sitzungen stattfanden. Wochenlang arbeitete und überlegte Röntgen also in aller Stille, ohne jemand etwas über seine wunderbare Entdeckung zu sagen, wahrlich ein Zeichen von Charakterstärke und Gewissenhaftigkeit! Als er endlich seine Notiz fertig redigiert und eingereicht hatte, soll er zu seiner Frau gesagt haben. „Nun kann der Teufel losgehen." Und in der Tat, er ging los. Röntgen schickte einigen seiner näheren Freunde einen Abdruck seiner

Notiz unter Beifügung einer Photographie der Hand seiner Frau, die er am 22. Dezember 1895 aufgenommen hatte, und bald waren alle Zeitungen der Welt voll von der neuen Entdeckung und ihrer Zukunftsbedeutung für die Medizin. Röntgen selber hatte über seine Entdeckung noch gar nicht gesprochen, aber bald konnte er sich nicht mehr länger zurückhalten. Am 13. Januar 1896 führte er in Berlin dem Kaiser seine neuen Strahlen vor, und am 23. Januar hielt er seinen Vortrag in der Physikalisch-medizinischen Gesellschaft in Würzburg. Es war bei dieser Gelegenheit, daß als Demonstration die Aufnahme der Hand des Anatomen Exzellenz *von Koelliker* gemacht wurde und dieser unter allgemeiner, jubelnder Zustimmung den Vorschlag machte, die X-Strahlen von nun an Röntgenstrahlen zu taufen.

Daß die Phantasie des Publikums durch die märchenhaften Berichte der Zeitungen aufgepeitscht wurde, und die merkwürdigsten Ideen kursierten über die Röntgenstrahlen und was alles man mit ihnen machen könne, möge daraus hervorgehen, daß in London eine Firma den Verkauf von X-Strahlen-sicherer Unterwäsche ankündigte. Oder auch daraus, daß der wackere Abgeordnete *Reed* vom Sommerset-Bezirk in New-Jersey am 19. Februar 1896 im Landtage zu Trenton einen Gesetzvorschlag einbrachte, wonach der Gebrauch von X-Strahlen in Operngläsern im Theater verboten werden sollte.

Röntgen hat selber, unbewußt, sich und seine damals noch zukünftige Entdeckung auf das beste charakterisiert in seiner Rektoratsrede vom Jahre 1894, als er die folgenden Worte des im 17. Jahrhundert in Würzburg tätigen Philosophieprofessors *P. A. Kirchner* zitierte: „Die Natur läßt oft staunenswerte Wunder selbst an den gewöhnlichsten Dingen hervorbringen, welche jedoch nur von Leuten erkannt werden, die mit Scharfsinn und zum Forschen geschaffenem Sinn bei der Erfahrung, der Lehrmeisterin aller Dinge, sich Rat holen."

Nach seiner Entdeckung wurde Röntgen mit Bitten bestürmt, über seine Versuche vorzutragen; er lehnte alles ab. Selbst als ihm als erstem Physiker im Jahre 1901 der Nobelpreis verliehen wurde, hielt er keinen Vortrag, soweit mir bekannt, als einziger unter allen Preisträgern bis zum heutigen Tage. Die höchsten Ehrungen wurden ihm zuteil. Um seine Reaktion zu kennzeichnen, glaube ich sagen zu müssen: er ließ das geduldig über sich ergehen. Wie er dachte, geht sehr sinnig aus einem Briefe seiner Frau vom 4. März 1896 an ihre Base *Luise Grauel* in Indianapolis hervor. Sie schreibt: „Doch Du kennst meinen braven bescheidenen Mann wie keine andere und wirst begreifen, daß die höchste Freude ihm dadurch wurde, daß es ihm vorbehalten war, im Dienste der reinen Wissenschaft etwas Tüchtiges geleistet zu haben."

Standhaft weigerte sich Röntgen, aus seiner Entdeckung irgendwelche geldlichen Vorteile zu ziehen. In einem Bericht eines Vertreters der AEG, der Röntgen in Würzburg aufsuchte, um mit ihm einen Vertrag abzuschließen, wonach seine künftigen Entdeckungen und Erfindungen unter gewissen noch zu vereinbarenden Bedingungen der AEG zur technischen Verwertung überlassen werden sollten, heißt es: „Röntgen erklärt, daß er durchaus, der guten Tradition deutscher Professoren entsprechend, der Auffassung sei, daß seine Erfindungen und Entdeckungen der Allgemeinheit gehören und nicht durch Patente, Lizenzverträge u. dergl. einzelnen Unternehmern vorbehalten bleiben dürfen."

Die Meinung eines solchen aufrechten und in sich ausgeglichenen Mannes, wie Röntgen es war, muß jeder als gewichtig empfinden. Ich kann daher nicht umhin, ihn selbst noch einmal sprechen zu lassen über die Universität, die Institution, an der er mit Herz und Seele hing. In der schon einmal erwähnten Rektoratsrede von 1894 sagt er dazu:

„Denn die Universität ist eine Pflanzschule wissenschaftlicher Forschung und geistiger Bildung, eine Pflegestelle idealer Bestrebungen für die Studierenden sowohl als für die Lehrer. Ihre Bedeutung als solche steht weit höher als ihr praktischer Nutzen, und aus diesem Grunde möge darauf gesehen werden, daß bei Neubesetzung vakanter Stellen Männer gewählt werden, die namentlich als Forscher und Förderer ihrer Wissenschaft und nicht nur als Lehrer sich bewährt haben, indem jeder echte Forscher, auf welchem Gebiete es auch sei, der es nur ernst nimmt mit seiner Aufgabe, im Grunde genommen rein ideale Ziele verfolgt und ein Idealist ist im guten Sinne des Wortes."

Doch kehren wir zu Röntgens Entdeckung zurück. Am 9. März 1896 reicht Röntgen eine Fortsetzung seiner ersten Mitteilung, wieder bei der Physikalisch-medizinischen Gesellschaft ein. Sie enthält die Beobachtung einer neuen Wirkung der Röntgenstrahlen, nämlich der Jonisation, der Leitendmachung der Gase, durch die sie hindurchgehen. Außerdem wird festgestellt, daß nicht nur Glas und Aluminium beim Auftreffen der Kathodenstrahlen Röntgenstrahlen erzeugen, sondern daß alle Körper diese Eigenschaft, allerdings in sehr verschiedenem Grade, besitzen. Maßgebend für alle späteren Konstruktionen von Röntgenröhren war der Satz im § 20 der Fortsetzung, in dem es heißt: „Ich gebrauche seit einigen Wochen mit gutem Erfolg einen Entladungsapparat, bei dem ein Hohlspiegel aus Aluminium als Kathode, ein unter 45° gegen die Spiegelachse geneigtes, im Krümmungszentrum aufgestelltes Platinblech als Anode fungiert."

Gut ein Jahr später, im Mai 1897, erscheint die dritte und letzte Mitteilung von Röntgen. Sie bringt den experimentellen Nachweis,

daß Luft die Röntgenstrahlen schon merklich zerstreut, aber sie ist vor allem bemerkenswert durch die Feststellung, daß für die Winkelabhängigkeit der von der Antikathode ausgehenden Strahlung das Lambertsche Gesetz nicht gilt, und durch den Nachweis, daß die von der Röhre kommende Strahlung ein Strahlengemisch darstellt, das in seinen Eigenschaften wesentlich von der Spannung abhängt, die an die Röhre angelegt ist.

Wilhelm Conrad Röntgen
geb. 27. März 1845 in Lennep
gest. 10. Februar 1923 in München

Mit diesen drei Mitteilungen, im ganzen nur etwa 19 Seiten lang, hatte Röntgen so viel über seine Entdeckung gesagt, daß er in den nun folgenden zehn Jahren nichts mehr hinzuzufügen hatte und auch von keiner anderen Seite prinzipiell Neues gefunden wurde.

In Würzburg blieb Röntgen noch fünf Jahre, folgte aber dann im Jahre 1900 einem Ruf nach München. Das Veröffentlichen war ihm schwer geworden, weil die Anforderungen an Sicherheit und Präzision, die er an sich selbst stellte, allmählich eine solche Höhe erreicht hatten, daß selbst ein Röntgen sie nur mit Mühe erreichen konnte. Nur fünf Arbeiten sind von ihm während der Münchener Zeit in längeren Zwischenpausen erschienen. Insbesondere durch seine Unter-

suchung über die elektrische Leitfähigkeit von Kristallen hat er aber ein Feld eröffnet, dessen Bearbeitung seinem damaligen Mitarbeiter *Joffe* heute noch die schönsten Früchte bringt. Eine große Freude muß es für Röntgen gewesen sein, als die Interferenz der Röntgenstrahlen, wonach er selbst schon gesucht hatte, in seiner unmittelbaren Nähe entdeckt wurde auf Grund der glänzenden Idee von

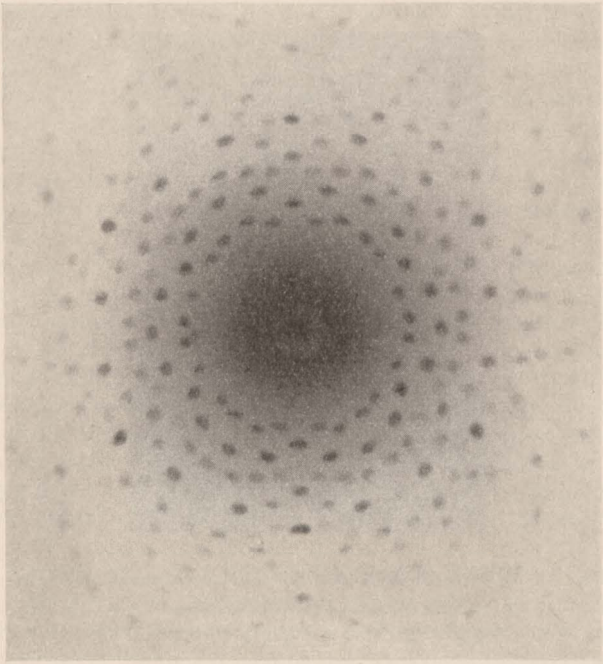


Abb. 5. Laue-Diagramm von Quarz

Laue, um so mehr als durch Laues Mitarbeiter *Friedrich* und *Knipping* der schwerwiegende Einfluß Röntgenscher Tradition in hervorragender Weise zum Ausdruck kam. Nun stand plötzlich in den Röntgenstrahlen ein wohlgeeichter Maßstab zur Verfügung mit einer einige tausendmal feineren Einteilung als der des gewöhnlichen Lichtes. Damit haben wir Physiker ja seitdem, anfangend mit der ins einzelne gehenden Deutung der Kristallstrukturen von *W. H.* und *W. L. Bragg,* nach Herzenslust herumgemessen, bis in die einzelnen Moleküle und Atome hinein. Daß seine geliebten Kristalle eine so überwiegende

Rolle bei all diesen Untersuchungen spielten, wird Röntgen wahrscheinlich mindestens ebenso gefreut haben wie die große technische Bedeutung, welche die Strukturuntersuchungen mit Röntgenstrahlen allmählich erlangt haben.

Röntgens letzte Lebensjahre fielen in die Kriegs- und Nachkriegszeit. Innerlich und äußerlich wurde er hart mitgenommen und, als er seine so sehr geliebte Frau am 31. Oktober 1919 durch den Tod verloren hatte, wurde es um ihn sehr einsam. Es stimmt traurig, berichten zu müssen, wie dieser selbstlose Wohltäter der Menschheit am 10. Februar 1923, im 78. Lebenjahre, man muß wohl sagen in bedrängten Umständen, von dieser Welt scheiden mußte.

Doch werfen wir noch einmal den Blick zurück in die Zeit seiner großen Entdeckung. Sein Ruhm schallte durch die ganze Welt, und, so gerne er gewollt hätte, nicht alle Besucher, die zu seinem Laboratorium pilgerten, konnte er abwehren. Selbst ein Interview mußte Röntgen aushalten, und von diesem ist uns eine Äußerung erhalten geblieben, die in knappster Weise seine Denkart illustriert. Nachdem der Berichterstatter, es war ein Herr *J. W. Dam* vom McClure's Magazine, alles in Augenschein genommen hatte und Röntgen ihm erzählte, wie er durch das Aufleuchten seines Bariumplatincyanürschirmes auf etwas ganz Besonderes aufmerksam geworden war, fragte Dam: „Was dachten Sie da?" Darauf Röntgens Antwort: „Ich dachte nicht, ich untersuchte."

In Erinnerung an diese Episode möchte ich Röntgen und seiner Entdeckung meinen persönlichen Tribut darbringen. Ich wähle dazu das Bibelwort in der Übersetzung, die Goethe seinen Dr. Faust bevorzugen läßt: „Im Anfang war die Tat."

Abb. 1 und die Bildnisse auf den Seiten 3 und 5 aus: *O. Glasser:* W. C. Röntgen und die Geschichte seiner Entdeckung (Röntgenkunde in Einzeldarstellungen Bd. 3) Berlin 1931, Julius Springer;

Abb. 5: Geh. Rat *F. Rinne,* Mineralogisches Institut Leipzig;

Abb. 2, 3 und 4 und die Bildnisse auf den Seiten 4 und 15: Aus dem Deutschen Museum, München.

Mitteilung des Museums an seine Mitglieder

Walther von Dyck und Carl von Linde

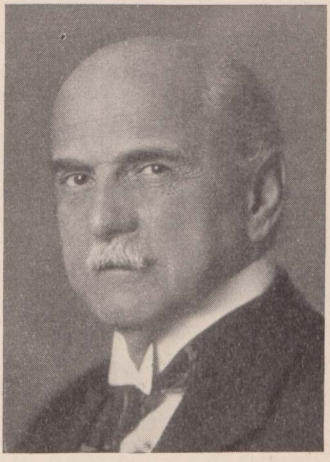
Als Oskar von Miller im Mai des Jahres 1903 begann, seine Idee eines Museums der Meisterwerke der Naturwissenschaft und Technik zu verwirklichen, erwählte er seinen Jugendfreund, den damaligen Rektor der Technischen Hochschule, Walther von Dyck und den weltberühmten Altmeister der Kältetechnik, Carl von Linde, als engste Mitarbeiter in den Vorstand. Mehr als 30 Jahre wirkten sie gemeinsam an der Gestaltung dieses Werkes. Es war ein schwerer Verlust für unser Museum, als am 5. November 1934 Walther von Dyck und am 16. November Carl von Linde ihrem großen Freunde und Mitkämpfer im Tode folgten.

Walther von Dyck wurde am 6. Dezember 1865 als Sohn des Direktors der Kunstgewerbeschule in München geboren. Nach Absolvierung des Realgymnasiums studierte er an den Universitäten München und Leipzig und promovierte 1879 in seiner Vaterstadt. Schon mit 28 Jahren wurde er als Professor an die Technische Hochschule in München berufen, der er fast 50 Jahre als von seinen Hörern bewunderter Lehrer und davon 10 Jahre als Rektor angehörte. Mit großer Umsicht und Tatkraft arbeitete er an dem inneren und äußeren Ausbau der Technischen Hochschule, die in ihrer jetzigen vorbildlichen Gestaltung sein Werk ist.

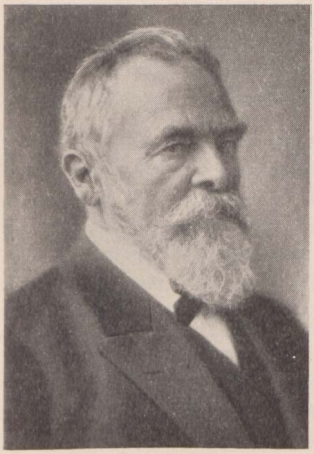
Wie sehr sich Walther von Dyck für Oskar von Millers neuen Gedanken von Anfang an einsetzte, geht aus seiner Rektoratsrede vom Jahre 1903 „Über die Errichtung eines Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik" hervor. Als Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, als Kommissar des bayerischen obersten Schulrates, sowie durch seine persönlichen Beziehungen zu fast allen gelehrten Gesellschaften konnte er dem Deutschen Museum nicht nur Gönner und Freunde, sondern auch viele wertvolle Gegenstände für die Sammlungen, Bücher und Urkunden für die Bibliothek erwerben.

Die Einrichtung der Gruppe „Mathematik" lag bei ihm, dem Verfasser eines großen Kataloges mathematischer Modelle, Apparate und Instrumente, in den besten Händen. Er verstand es, für diesen abstrakten Gegenstand durch künstlerische Anordnung von Inschriften und Porträts einen stimmungsvollen Rahmen zu schaffen.

Wie sich Walther von Dyck in die Geschichte der Naturwissenschaft und Technik vertiefte, beweist seine monumentale Biographie von Georg Reichenbach und die Herausgabe der Schriften Keplers, denen er die letzten Jahre seines Lebens widmete. Auch die Denkschrift und die Schriftenreihe des Deutschen Museums verdanken ihm wertvolle Beiträge [1]. Bis zum Jahre 1930 gehörte Walther von Dyck dem Vorstand, bis zum Jahre 1933 dem Vorstandsrat des Deutschen Museums an. Als Zeichen des Dankes „für seine 30 jährige hingebende Wirksamkeit in Wort und Schrift, die die weitesten Kreise der Naturwissenschaft und Technik für das Deutsche Museum begeistert hat", wurde er zum Ehrenmitglied ernannt.



Walther von Dyck
geb. 6. Dezember 1865
in München
gest. 16. November 1934
in München



Carl von Linde
geb. 11. Juni 1842
in Berndorf (Oberfranken)
gest. 5. November 1934
in München

Carl von Linde wurde am 11. Juni 1842 in Berndorf in Oberfranken als Sohn eines Pfarrers geboren. In Kempten besuchte er dann das humanistische Gymnasium, das er 1861 absolvierte. Aus innerem Antrieb ergriff er den Beruf eines Maschineningenieurs und bezog das Polytechnikum in Zürich. Nach Abschluß seiner Studien widmete er sich dem Lokomotivbau und konstruierte 1867 in der Lokomotivfabrik von Krauß in München seine erste Lokomotive. Als 26 jähriger wurde er als Professor für theoretische Maschinenlehre in die Polytechnische Hochschule München berufen, wo sich seine große Begabung, wissenschaftliche Erkenntnisse in praktische

[1] *Der „Ehrensaal des Deutschen Museums" und „Mathematik" in: Das Deutsche Museum, Geschichte, Aufgaben, Ziele. Herausgeg. von C. Matschoß. Berlin und München 1925 und 1933; Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte Jahrg. 1 (1929) H. 1: v. Dyck: Wege und Ziele des Deutschen Museums.*

Konstruktionen umzusetzen, aufs beste entfalten konnte und als erstes Ergebnis die Lindesche Kältemaschine zeitigte. Zur Auswertung dieser großen Erfindung gründete er die Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, der er selbst 10 Jahre vorstand.

Im Jahre 1891 gründete er an der Münchener Hochschule eine Versuchsanstalt zur Erforschung der tiefsten Temperaturen, und schon 1898 gelang ihm der große Wurf: die Verflüssigung der Luft in technischem Maßstab nach dem von ihm erfundenen Gegenstromverfahren, die seinen Namen in der ganzen Welt bekannt machte. Die flüssige Luft hat der Experimentalphysik zwei ganz neue Gebiete erschlossen; sie ist der Ausgangspunkt für die Erforschung der tiefsten Temperaturen und ein unentbehrliches Mittel für die Herstellung höchster Vakua geworden, ohne die eine Reihe von Untersuchungen auf dem Gebiete der Atomphysik unmöglich gewesen wäre. Darüber hinaus hat Carl von Linde Physik und Technik durch Gewinnung beliebiger Mengen von Stickstoff, Sauerstoff und Edelgasen im reichsten Maße gefördert.

Das Deutsche Museum ist Carl von Linde für seine opferwillige Mitarbeit und tatkräftige Förderung zu großem Danke verpflichtet. Schon als Mitglied des vorbereitenden Ausschusses hat sich von Linde um das neuzugründende Museum ein großes Verdienst erworben, als er seinen früheren Chef, Kommerzienrat Dr. Georg Krauß zur Stiftung der ersten 100 000 Mark für das Museum bewog und diesem Betrag noch eine große eigene Stiftung hinzufügte.

In den Ausschußsitzungen berichtete von Linde alljährlich in seiner schlichten Art über Fragen der Organisation des Museums, über die Errichtung von Denkmälern im Ehrensaal, über Lebensbeschreibungen und Urkunden.

An der Ausgestaltung der Gruppen „Gasverflüssigung" und „Kühlung" hat von Linde sein Interesse bewiesen durch Überlassung seiner ersten aus Dampfkesselrohren hergestellten Gegenstromspirale, durch Stiftung einer Luftverflüssigungsanlage, der ersten Ammoniak-Kältemaschine und eines großen Modelles, welches die vielseitige Verwendung der künstlichen Kälte veranschaulicht. Für die Denkschrift des Deutschen Museums lieferte er einen wertvollen Beitrag über: „Die Geschichte des Museums" sowie über die Gruppe „Kühlung".

Als Carl von Linde im 80. Lebensjahr aus dem Vorstand ausschied, hat ihm das Deutsche Museum seine große Dankbarkeit durch Ernennung zu seinem Ehrenmitglied bezeigt. Von Linde hat auch späterhin dem Museum sein regstes Interesse bewiesen und nahm noch als 89 jähriger an der Feier des 25 jährigen Bestehens des Deutschen Museums teil.

Zu seinem 90. Geburtstage widmete ihm das Deutsche Museum ein Heft[2]*, welches neben einem Abriß aus seiner Selbstbiographie den Festvortrag über die*

[2] *Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte Jahrg. 4 (1932) H. 3.*

„Schätze der Atmosphäre“ enthält, den er auf der vierten Jahresversammlung des Deutschen Museums 1907 im Reichskanzlerpalais in Berlin in Gegenwart des Deutschen Kaisers hielt. In diesem Vortrag weist er aus seinem eigenen Forschererlebnis heraus dem Deutschen Museum als Weg und Ziel „die Zusammenhänge zu veranschaulichen, in denen der Mensch von der sinnlichen Wahrnehmung und instinktiven Benutzung der Naturkräfte zur Erforschung ihrer Eigenschaften und Gesetze übergegangen und daraus zu ihrer technischen Beherrschung gelangt ist“.

Dr. Fuchs.

BIBLIOTEKA ELBLĄSKA

010166
010190
BIBLIOTEKA GŁÓWNA UNIWERSYTECKA W TORUNIU

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA W TORUNIU
010166/1934